

REPUBLICA DEL SALVADOR

MINISTERIO DE LA SEGURIDAD NACIONAL
EN UNO DE SUS CENTROS

Lt. MARIA FLAVIA DOTREGO

2000

*Universidad del Salvador
Facultad de Psicología y Psicopedagogía
Doctorado en Psicología
Tesis Doctoral*

Aprendizaje de una secuencia visomotora en niños en edad escolar



*Doctoranda: Lic. María Flavia Dorrego
Tutor: Dr. Tomás Mascitti*

Año 2008

A mi hijo, Facundo,

*A mi hijo, Facundo,
con todo mi amor.*

Agradecimientos

A mi madre, por su incentivo y apoyo a lo largo de todos estos años de estudio e investigación.

A mi esposo, por la aceptación de mi vocación.

Al Dr. Sergio Starkstein, tanto por la transmisión de su experiencia científica como de su pasión por la investigación.

Al Dr. Esteban Fridman, a la Dra. Mirta Villareal y a la Lic. Verónica Muñoz por sus correcciones, aportes y sugerencias desinteresadas al desarrollo de la presente tesis.

A la Lic. Ana Sáenz por haber contribuido gratuitamente en la recolección e ingreso de datos.

Al Colegio Paula Montal que abrió sus puertas a la evaluación de sus alumnos.

A todos los niños y sus padres que contribuyeron al desarrollo del trabajo de campo de la presente tesis, brindando su tiempo y buena voluntad.

Índice

Capítulo I

Introducción

Capítulo II

Aprendizaje de una secuencia visomotora

II 1 Marco teórico y estado actual del conocimiento

II 2 Hipótesis, Metodología y Resultados

II 3 Conclusiones y Discusión

Capítulo III

Toma de conciencia y aprendizaje explícito de la secuencia

III 1 Marco teórico y estado actual del conocimiento

III 2 Hipótesis, Metodología y Resultados

III 3 Conclusiones y Discusión

Capítulo IV

Funciones ejecutivas y aprendizaje de una secuencia visomotora

IV 1 Marco teórico y estado actual del conocimiento

IV 2 Hipótesis, Metodología y Resultados

IV 3 Conclusiones y Discusión

Capítulo V

Diferencias de género

V 1 Marco teórico y estado actual del conocimiento

V 2 Hipótesis, Metodología y Resultados

V 3 Conclusiones y Discusión

Capítulo VI

Conclusión y Discusión final

Anexos

Bibliografía

Prefacio

El tema de investigación de la presente tesis surge de un largo camino recorrido durante mis años dedicados a la neuropsicología. Me inicié trabajando con adultos, en particular realizando las evaluaciones neuropsicológicas de pacientes con probable enfermedad de Alzheimer. Interesante me resultaba ver cómo, a pesar de severos déficit a la hora de evocar un simple relato o una lista de palabras leídas repetidas veces (memoria explícita), las personas aquejadas con este mal aprendían a resolver tareas complejas que requerían de múltiples pasos después de haberlas realizado un par de veces y sin recordar el haberlas practicado previamente (memoria implícita). Paralelamente, ha inicios de los años noventa, la mayor parte de las investigaciones neuropsicológicas sobre el perfil mnésico de las personas que sufrían mal de Alzheimer se centraban en las diferencias de rendimiento entre la denominada memoria explícita e implícita. Lo mismo llevó a los profesionales que trabajaban tanto en la rehabilitación cognitiva de pacientes con esta clase demencia como a aquellos que brindaban pautas a los familiares que convivían con pacientes aquejados de este mal ha emplear este hallazgo en pos de mejorar la calidad de vida tanto de los enfermos como de su familia, a fin de evitar un más abrupto deterioro de su funcionalidad y bienestar. Fascinante me significó el claro ejemplo de cómo los avances científicos en el campo de la neuropsicología contribuían a ayudar a este grupo de personas que, progresivamente perdían control sobre su historia y generaban desconcierto e incomprensión entre sus allegados. Para mi, el vivir esta experiencia y el conocer a tantas personas cuyas vidas mejoraron gracias a comprender lo que vivían fue un claro ejemplo de el rol que tiene la ciencia al ponerse al servicio del hombre.

Cuando más adelante mi carrera se desplazó de las evaluaciones e investigaciones con adultos al trabajo clínico con niños con déficit neuropsicológicos, sorprendente me resultó descubrir el poco desarrollo de la investigación en el campo de la memoria implícita en niños y, más aun, la falta y muy pocos trabajos realizados en grupos control. A su vez, en este campo parecía haber una disociación entre las investigaciones neuropsiológicas en

esta área y su aplicabilidad en el mundo educativo. En realidad, si bien la memoria no es una de las funciones cognitivas superiores más frecuentemente afectadas en forma focal en niños, la misma representa el eje del aprendizaje en los niños pequeños en particular y a lo largo de toda la infancia en general. Por lo tanto, me resultó interesante y novedoso escoger uno de los paradigmas de memoria implícita, es decir elegir una tarea en que se pudiese evaluar cómo se desarrolla el aprendizaje no mediado por la conciencia. A partir de adentrarme en el tema, elegí una tarea que a su vez pudiese ser aprendida tanto en forma explícita como implícita, a fin de poder resolver los interrogantes sobre el desarrollo conjunto o disociado entre ambos sistemas y explorar las posibles interconexiones entre ambos.

Los años de investigación en el tema elegido me han permitido descubrir cómo, a partir de una investigación sistemática y profunda en torno a un tema, se alcanzan descubrimientos que llevan a cuestionarse y ahondar cada vez más en el tema en cuestión. Surgieron de esta manera nuevas ideas y posibles trabajos que brinden más respuestas a los nuevos interrogantes. A su vez, lo más valioso, a mi juicio, emergió ante las posibles aplicaciones prácticas de los hallazgos en el campo de la rehabilitación pediátrica como una manera de unir la ciencia y la rehabilitación; ciencia y la educación. Considero fundamental que la ciencia sirva al hombre y no viceversa; y sostengo mi ética profesional desde el convencimiento de que el ejercicio de la educación y la rehabilitación han de nutrirse a partir de las investigaciones lógicas y sistemáticas y no desde las opiniones, novedades y sensacionalismos de moda. Espero, en consecuencia, que la presente investigación sea un canal que ayude a generar una conciencia en todos los que trabajamos con niños sobre la necesidad de realizar una investigación científica y humana que abra interrogantes a nuevos trabajos científicos y, por sobre todo, permita poner sus hallazgos al servicio de la mejor calidad de vida de nuestros pequeños pacientes.

La memoria es como una red: uno la encuentra llena de peces al sacarla del arroyo, pero a través de ella pasaron cientos de kilómetros de agua sin dejar rastro.

Oliver Wendell Holmes (1809-1894)

Capítulo I

Introducción

Primeros pasos

La memoria es definida clásicamente como la capacidad del hombre y de algunos animales de retener y recordar el pasado. Es foco de un interés casi tan antiguo como el hombre mismo, tanto a nivel individual o lo que sería el recordar para sobrevivir y llevar a cabo las tareas cotidianas, como en el plano colectivo, es decir, el recordar para transmitir los valores y creencias de un pueblo a través de las generaciones. Sin duda, resulta un desafío el preguntarse qué es, cómo se produce, cómo se desarrolla e incluso cómo se puede fomentar la capacidad de la memoria. No son interrogantes menores, ya que durante toda la historia de la humanidad, la filosofía, la psicología, la literatura, la biología, la medicina y hasta las ciencias se han debatido en torno a este tema. Aristóteles la definió como una de las facultades del alma y afirmó: "*Gracias a la memoria se da en los hombres lo que se llama experiencia*" (Aristóteles, *La Metafísica*, Capítulo I). William Shakespeare se refirió a ella como una guardiana del cerebro y el mismo Jorge Luis Borges concluye su poema con estos versos: "*Somos nuestra memoria, / somos ese quimérico museo de formas inconstantes, / ese montón de espejos rotos*" (Borges "Cambridge" 981). El interés es ancestral; su función individual y colectiva es relevante para la construcción de la identidad personal y de los pueblos; su importancia resulta vital. En este contexto, la bibliografía sobre el tema es apabullante pero, todavía dentro del área de la neuropsicología se están planteando los cimientos sobre la forma en que se accede al conocimiento de los recuerdos, la estructura y función de las neuronas, el proceso de la sinapsis, el mecanismo y efecto de los olvidos, entre otras cosas.

A su vez, se puede afirmar que la memoria es el alimento del intelecto. Pensemos en un pequeño de dos años, Facundo, y su primera vuelta en calesita. Al finalizar la vuelta, podrá comparar la diferente sensación entre el movimiento circular y el ascendente-descendente del caballo en relación con el caminar sobre tierra firme; las manos de su madre tomándolo y diciéndole "No te bajes ahora"; la música infantil que resuena mientras todo gira; los rostros de los otros niños y sus acciones; infinidad de detalles y sensaciones nuevas para él. Al volver a su casa, cuando su padre le pregunte a dónde estuvo, tal vez pueda repetir la nueva palabra que su madre dijo durante el camino: "calesita". O bien, simplemente pueda sonreír y girar sobre sí mismo, o bien mirar a su

madre como referente y pedirle que relate la experiencia. Probablemente, por la noche, mirando un libro de cuentos, surja el dibujo de una calesita y se acerque a su padre para mostrárselo; incluso en días posteriores, al pasar por la calesita, es posible que la señale y pida repetidas veces volver a ella. Con el transcurso de los días, este vívido recuerdo se irá desvaneciendo y Facundo no podrá distinguir entre esta primera vuelta y todas las posteriores que realice. Sin embargo, recordará la sensación que la calesita despierta en su sistema vestibular, la alegría que le produce este paseo, la palabra "calesita" y, si el paseo se repite todos los fines de semana, predecir la próxima visita. La vuelta a la calesita representa un buen ejemplo de la variedad de recuerdos que se pueden tener tanto conscientes o inconscientes, vívidos o confusos, antiguos o recientes. Y, en realidad, no todos necesariamente están atravesados por el lenguaje, ya que se puede tener memoria de sensaciones, movimientos, palabras e imágenes; en suma, de todo aquello que, no sólo alimenta sino también construye nuestro conocimiento del mundo, y hace de cada ser humano un individuo único e irrepetible.

Planteo del problema

Ante esta pluralidad de sistemas de memorias, de procesos que forman recuerdos, esta tesis solamente se abocará a una minúscula porción. Parafraseando al Oliver Wendell Holmes del epígrafe inicial, tan sólo serán unas pocas gotas de todos esos kilómetros de agua que pasaron por la red sin dejar rastro. La propuesta central de este trabajo es abrir un espacio de reflexión e indagación en torno a todo este universo de redes que se articulan en los procesos de la memoria. No se pretende únicamente ampliar el espectro de conocimiento en torno al tema, sino brindar la oportunidad de que los hallazgos sean de ayuda al ámbito educativo y al de la rehabilitación. En lo personal, considero que la ciencia es una herramienta para el bienestar del hombre y una ayuda para superar obstáculos que afectan su calidad de vida. Por lo tanto, me interesa rescatar hacia el final un espacio abierto a futuras investigaciones que brinden, en forma directa, mejoras en el ámbito educativo y de la rehabilitación pediátrica.

Para ello necesito primero delinear brevemente el mapa en el que voy a trabajar y, en consecuencia, hacer un breve resumen del estado actual de la

cuestión para plantear luego los objetivos de la presente tesis. En la actualidad, no se considera que la memoria tenga una única función. En realidad, las investigaciones recientes han brindado evidencia sobre las múltiples formas de aprendizaje y de memoria que los individuos poseen. A pesar de la diversidad de opiniones sobre el tema, la mayoría de los estudios coinciden en que el aprendizaje puede producirse en forma intencional, denominado aprendizaje explícito, o de manera no intencional, es decir en forma implícita, sin conciencia individual de que se está llevando a cabo el proceso. Al mismo tiempo, la evidencia ha demostrado que ambas formas de aprendizaje están dissociadas en los adultos normales y en las poblaciones de individuos que han sufrido o sufren algún daño en el sistema nervioso central. Tal es el caso de los pacientes amnésicos con daño en el lóbulo temporal medial que presentan un severo déficit en el aprendizaje explícito mientras que conservan intacta su capacidad de aprendizaje implícito. En contraste, están los pacientes con degeneración cerebelosa que presentan un adecuado aprendizaje explícito y dificultades en el aprendizaje implícito.

Estado de la cuestión

Uno de los paradigmas de memoria implícita más frecuentemente estudiados es el aprendizaje de una secuencia visomotora a través del denominada "tarea de tiempos de reacción de una secuencia" (TTRS). Los sujetos son sentados frente a un monitor donde aparecen cuatro cuadrados ordenados de izquierda a derecha. Dentro de alguno de los cuadrados aparece un asterisco, en algunas ocasiones siguiendo un orden aleatorio y en otras un orden de secuencia predeterminado. El sujeto debe localizar el asterisco en el monitor y presionar la tecla previamente asignada que corresponde a dicho cuadrado y que, al presionarla, permite que el estímulo desaparezca de dicho lugar y re-aparezca en otro. El sujeto realiza la tarea sin saber que los estímulos pueden aparecer en una secuencia. El tiempo que tarda el sujeto en presionar la tecla correspondiente al estímulo, después de su aparición, es denominado tiempo de reacción. La memoria implícita es medida a través de la comparación entre el tiempo de reacción frente a los estímulos que se suceden en forma aleatoria y la progresiva disminución de los tiempos de reacción cuando la secuencia se repite. Dado que el sujeto realiza la tarea sin saber que

los estímulos pueden aparecer en una secuencia, la memoria explícita puede ser evaluada cuando el sujeto comienza a darse cuenta que se sigue una secuencia y puede repetirla. En consecuencia, el TTRS no sólo permite brindar una medida de aprendizaje implícito sino también estudiar el proceso de toma de conciencia por medio del cual, el aprendizaje implícito tras sucesivas repeticiones, se torna explícito.

A partir del paradigma del TTRS, se han realizado múltiples estudios en pacientes con daño en el sistema nervioso central como en controles normales realizando el TTRS, a fin de conocer las estructuras neuroanatómicas implicadas y su funcionamiento durante el proceso de aprendizaje implícito de una secuencia visomotora. A partir de estos, se ha logrado cierto consenso sobre la importancia de la participación de los ganglios basales, el cerebelo, la corteza motora primaria, el área motora suplementaria y la corteza premotora y somatosensitiva durante la realización del TTRS. Al mismo tiempo, la participación de la corteza prefrontal, y en especial su rol durante el aprendizaje de una secuencia visomotora, ha arrojado resultados altamente contradictorios tanto sobre su participación como en su función durante el proceso de realización del TTRS.

A partir de la lectura de la bibliografía, se desprende la existencia de estos dos subsistemas de memoria, como de dos redes neurales diferentes que los sustentan. Al mismo tiempo, se hace clara la pregunta de esta tesis: de qué modo cada subsistema se desarrolla y si acaso lo hacen en forma conjunta o bien lo logran en forma disociada. Teniendo en cuenta a la vez, las investigaciones centradas en el neurodesarrollo de las estructuras mencionadas previamente, donde la corteza prefrontal prolonga su maduración hasta la primera juventud mientras que los ganglios de la base alcanzan su pico de mielinización durante el primer año de vida, se espera que el desarrollo ontogénico de la memoria implícita sea más temprano.

Asimismo, las publicaciones que han comparado el rendimiento en tareas implícitas vs. explícitas han demostrado que ciertos mecanismos de aprendizaje implícito se encuentran presentes tempranamente en el desarrollo. Sin embargo, los estudios realizados con el paradigma del TTRS han sido muy escasos y, si bien al principio hubo un relativo consenso sobre la invariabilidad del aprendizaje implícito a lo largo del desarrollo, las últimas investigaciones

abren interrogantes al comparar la precisión, medida a través del número de errores, y la magnitud y velocidad con la que los niños lograron el aprendizaje implícito de la secuencia en relación a los adultos. Es decir, no sólo son pocas las investigaciones en que se ha empleado el TTRS, sino que a la escasez se le suma el hecho de presentar ciertas contradicciones. A su vez, ninguna de ellas exploró aún si los niños adquieren consciencia de la presencia de una secuencia o si el aprendizaje explícito previo de la secuencia favorecería el aprendizaje implícito, generando en consecuencia posibles diferencias y/o similitudes con la población adulta.

Objetivos de Investigación

Ante esta realidad y progresos alcanzados en el ámbito de la investigación neuropsicológica, la presente tesis parte de la premisa que es importante *comparar el rendimiento en el aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través del TTRS, en dos grupos de edad puntuales* (Grupo menores de 7 y 8 años de edad; Grupo mayores de 11 y 12 años de edad). El propósito de este estudio es llegar a recopilar la evidencia necesaria que permita comprender el desarrollo de la memoria implícita en la población pediátrica. Asimismo, el hecho de incluir una instancia sobre la posible toma de conciencia de la existencia o no de una secuencia al final del TTRS, apunta a permitir comparar el gradual proceso de hacer consciente un aprendizaje implícito y su incidencia en los tiempos de reacción en cada uno de los grupos estudiados. Dentro de esta misma línea de investigación, se anexa un nuevo experimento en el que se incluye una nueva secuencia de estímulos enseñados en forma explícita previamente, a fin de *conocer en qué medida y hasta qué punto el aprendizaje explícito previo favorece al aprendizaje implícito*.

Tras estas líneas fundamentales de la presente investigación, se abren numerosos aspectos que merecen especial atención. Es claro que otro de los campos no investigados en torno a la memoria implícita, particularmente con el TTRS, es la probable participación y rol de la corteza prefrontal durante el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños. Hasta la fecha no se han llevado a cabo estudios en niños que correlacionen el rendimiento en tests donde se miden las funciones cognitivas mediadas por el lóbulo prefrontal y el

aprendizaje implícito de una secuencia. Ante esta realidad, la presente tesis pretende *comparar el rendimiento entre ambas funciones, el aprendizaje de una secuencia visomotora y las funciones ejecutivas*. Finalmente, a partir de la revisión bibliográfica realizada, se hace inquietante el hecho de que no se hayan llevado a cabo investigaciones sobre diferencias de género durante el aprendizaje de una secuencia visomotora. De ahí que, resulta imperioso *comparar la presencia o no de diferencias de género en el aprendizaje implícito de una secuencia* a partir de la incorporación en la muestra de un número similar tanto de niños como de niñas.

Descripción del corpus

A fin de permitir al lector una comprensión gradual y clara, tanto de la teoría como de los resultados hallados, los capítulos se han organizado en función de cada objetivo formulado. Cada capítulo cuenta con el marco teórico que lo sustenta, la metodología empleada, los resultados hallados y las conclusiones que se desprenden de los mismos. Por último, se añadió un capítulo final con el fin de integrar todas las conclusiones alcanzadas. A continuación, se ofrece un detalle de lo formulado en cada capítulo.

El capítulo II, *Aprendizaje de una secuencia visomotora*, surge con el objetivo de conocer y comparar, en dos grupos de niños/as de diferentes edades, cómo se produce el aprendizaje de una secuencia visomotora. En el inicio de este capítulo, se realizará una introducción sobre los sistemas de memoria, las diferentes clases de aprendizaje implícito y los tres paradigmas que sostienen el concepto de memoria no mediada por la conciencia, a fin de presentar un panorama general sobre dónde se inserta el aprendizaje de una secuencia visomotora dentro de los sistemas de memoria. También se planteará una de las preguntas claves de este proyecto de investigación: ¿realmente la memoria implícita constituye un sistema disociado de la memoria explícito? Sin olvidar que la neuropsicología es la rama de la ciencia que enmarca la presente tesis y que los correlatos neuroanatómicos del aprendizaje de una secuencia visomotora son campo de múltiples investigaciones, se expondrá un breve resumen de las estructuras implicadas en la memoria implícita junto a una revisión de múltiples estudios que buscan discernir el rol de dichas estructuras en el aprendizaje de una secuencia visomotora. Para

ello, se busca diferenciar múltiples procesos que se llevan a cabo en el aprendizaje de una secuencia visomotora: aparear el estímulo visual con la apropiada respuesta motora, seleccionar el movimiento, monitorear la respuesta, codificar los estímulos, automatizar la tarea, entre otros. Fascinante resulta ver cómo se abren una serie de redes y procesos, de los que aún sólo se exponen pocas certezas y conllevan muchas inquietudes. Por otro lado, teniendo en cuenta que el objetivo propuesto se concentra en la variable del desarrollo, se hará una revisión del desarrollo de la memoria explícita e implícita y de la maduración, para luego realizar un breve resumen de los dos grandes periodos de organización del sistema nervioso en general y de las estructuras implicadas en el aprendizaje implícito en particular. La introducción teórica del capítulo II pretende situar al lector en el estado actual del conocimiento sobre el tema a fin de sentar las bases que justifiquen las hipótesis planteadas. Este marco teórico hace explícita la invariabilidad del desarrollo del aprendizaje implícito de una secuencia visomotora a partir de los siete años de edad y su consiguiente diferenciación de la memoria explícita, cuyo desarrollo continúa durante toda la infancia. Los resultados obtenidos, en relación a este objetivo, brindan nueva evidencia a favor de los diferentes ritmos de maduración entre memoria implícita y explícita y ponen en evidencia ciertas diferencias individuales entre los sujetos de ambos grupos, en cuanto a la maduración de esta forma de aprendizaje. A su vez, ellos aportan nueva evidencia que respalda dos procesos que suceden durante la realización del TTRS: la fase de automatización que consiste en aparear el estímulo visual con la respuesta motora cada vez con mayor rapidez y la fase de aprendizaje implícito en sí mismo. Las posibles correlaciones entre el rendimiento de los sujetos en cada una de estas fases con sus correlatos neuroanatómicos concluyen este primer aspecto abordado.

En el capítulo III, *Toma de conciencia y aprendizaje explícito de la secuencia*, comienza por hacer un recorrido por diversas investigaciones que se han cuestionado en qué nivel de conciencia se encuentra el sujeto en cada momento del aprendizaje y en cómo se produce la interacción entre ambos niveles de conciencia. La exposición introduce teorías que evidencian la diferenciación entre memoria procedural implícita (la mejoría en el rendimiento de una tarea que resulta de la previa exposición, pero sin conciencia de haber

estado expuesto anteriormente a la misma) y memoria procedural explícita (cuando el sujeto es consciente de la exposición previa a la tarea). Se explica cómo un aprendizaje implícito se puede tornar explícito y de esta forma mejorar aún más su rendimiento; a la vez que se describen brevemente los diferentes métodos empleados para evaluar el nivel de conciencia del sujeto durante el aprendizaje y las novedosas investigaciones que permiten evaluar si es posible transferir los conocimientos de implícitos a explícitos y viceversa. Por último, se hace un breve recorrido sobre los hallazgos en niños en relación a la interacción entre ambos niveles de conciencia. Durante la metodología, se describe la pregunta sobre el nivel de conciencia presente al finalizar el experimento I y el experimento II, donde se ha enseñado explícitamente la secuencia, previa realización del TTRS, con el fin de evaluar y comparar en los dos grupos de niños estudiados hasta qué punto el aprendizaje explícito se produce a través del aprendizaje implícito y si, acaso, el mismo beneficia en consecuencia al aprendizaje implícito. Los resultados obtenidos respaldan las teorías que postulan que el aprendizaje explícito acelera el aprendizaje del TTRS como brinda evidencia a favor de que los niños mayores presentan mayor tendencia a buscar un patrón o secuencia dentro de una serie de eventos, postulándolo como el primer paso en la transformación del aprendizaje implícito en explícito. A su vez, se aporta la evidencia necesaria que permite postular una posible hipótesis sobre cómo interactúan ambos niveles de conciencia durante la realización del TTRS en particular.

En el capítulo IV, *Funciones ejecutivas y aprendizaje de una secuencia visomotora*, se busca primero verificar si, en los niños, las funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal presentan una injerencia en el aprendizaje de una secuencia visomotora. En segundo lugar, se busca establecer el rol de las funciones ejecutivas en las mismas. Para ello, es necesario ahondar en el constructo teórico denominado "funciones ejecutivas" y, puntualmente, en cómo sus funciones y la red neuroanatómica las sustentan. Asimismo, se realiza una reseña de trabajos experimentales que estudian el desarrollo de la corteza prefrontal y sus funciones cognitivas. En la metodología, se describen los instrumentos de evaluación empleados para evaluar las denominadas funciones ejecutivas. A su vez, se plasman los resultados obtenidos que evidencian una clara correlación entre la variable atencional y el número de

errores cometidos por los sujetos a medida que la secuencia se repite, como una clara correlación entre una buena manipulación en mente de los estímulos (memoria de trabajo) y la precisión en las respuestas de los niños que toman conciencia de la posibles existencia de una secuencia. En las conclusiones, se profundiza tanto en el posible rol de la memoria de trabajo en el aprendizaje de una secuencia como en la importancia del número de errores como variable de aprendizaje de este tipo de memoria implícita.

El capítulo V, *Diferencias de género*, surge a partir de la incorporación de un número semejante de niños de ambos sexos en cada grupo evaluado con resultados inesperados. Por lo mismo, se realiza en principio una introducción sobre las diferencias por sexo halladas en múltiples investigaciones neuropsicológicas y sobre las diferentes teorías que intentan explicar tales diferencias. En la sección de resultados, se plasman los hallazgos que evidencian un perfil más cauteloso pero lento de respuesta en las niñas y una tendencia a dar una respuesta más rápida pero con más errores en los niños. En la conclusión, se busca comprender las diferencias halladas a través de las teorías sobre diferencias de género. Se concluye que los distintos perfiles de respuesta entre niños y niñas en la realización del TTRS no serían inherentes a diferencias por género en el aprendizaje implícito en sí mismo, sino secundarios a diferencias entre otras funciones que se manifestarían en la realización del TTRS.

En el capítulo VI se concentran las conclusiones finales a las que arriba la investigación desarrollada y se abren caminos de debate y futura investigación en la misma área. A su vez se incluyen conclusiones personales alcanzadas por la autora a lo largo del camino de investigación realizado.

La presente tesis apunta a conocer más esta fascinante forma de aprendizaje no consciente. Sin embargo, tal como se especificó previamente, mi interés personal va más allá del conocimiento en sí, puesto que también es a mi juicio relevante la implicancia clínica de este tema en la neuropsicología pediátrica y en la neurorehabilitación. El poseer un parámetro sobre el desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora permitirá que futuras investigaciones se centren en cómo diferentes lesiones específicas influyen sobre dicho aprendizaje, teniendo en cuenta no sólo el tipo y localización de la lesión, sino también la edad del sujeto. La meta es ofrecer elementos que en el

mañana puedan ayudar a la rehabilitación. A su vez también se pretende brindar herramientas tanto para la educación como para la neurorehabilitación pediátrica al investigar sobre los beneficios de la posible toma de conciencia en el aprendizaje implícito y en cómo el conocimiento explícito previo impacta sobre el aprendizaje de una secuencia visomotora. Estos hallazgos contribuirán a la evaluación de aquellos casos en los cuales los sujetos podrían beneficiarse del aprendizaje implícito o explícito de una secuencia para lograr un aprendizaje y consolidarlo. Finalmente, dado que la investigación también compara el rendimiento del TTRS con el obtenido en tests que evalúan las funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal, se ofrecen también posibles implicancias de los resultados en el desarrollo de dichas funciones como en la rehabilitación de pacientes con disfunciones frontales. De esta manera, el trabajo aquí ofrecido presta atención a aspecto neuropsicológicos poco atendidos en la población pediátrica, permite una especificidad mayor en relación a la variable de género y abre una puerta concreta a su aplicación en la rehabilitación de pacientes.

Capítulo II

Desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora

Marco Teórico y estado actual del conocimiento

Sistemas de Memoria

Clásicamente, la memoria fue considerada una única función y definida como la capacidad para adquirir, retener y evocar experiencias y/o información. Actualmente, si bien la definición continúa siendo válida, el largo recorrido realizado por la ciencia ha llevado a considerar a la memoria como una serie de sistemas y subsistemas funcionalmente independientes entre sí, pero que interactúan unos con otros. Squire (1987) fue uno de los autores que desarrolló un modelo cognitivo útil práctica y teóricamente para comprender dicha disociación, evidenciada en el aprendizaje de algunos pacientes con daño cerebral en el sistema nervioso central (SNC). El investigador diferenció entre memoria declarativa y memoria no declarativa. La memoria declarativa fue definida como la recolección y retención consciente y/o intencional de información o experiencias, donde el sujeto intenta en la medida de lo posible formular hipótesis y reglas que faciliten el aprendizaje. La memoria no declarativa, en cambio, se caracterizó como un aprendizaje sin intención y/o no consciente, que se reconoce a partir de una mejoría en el rendimiento de la tarea, ya sea en el plano cognitivo, motor o perceptual, y donde el proceso estratégico de facilitar el aprendizaje juega un rol casi nulo. La principal y más fuerte evidencia para sostener esta dicotomía son los estudios realizados en pacientes amnésicos que podían adquirir nuevos aprendizajes motores (Milner, 1968) y cognitivos (Cohen, 1980; Saint Cyr, 1988), más allá de su dificultad en adquirir nuevas experiencias o información intencionalmente.

La primera evidencia bibliográfica de aprendizaje no declarativo en pacientes amnésicos fue realizada por Claparède, un neuropsiquiatra suizo en 1911, que observó que una paciente suya que sufría síndrome de Korsakoff¹, se negó a darle la mano a Claparède al día siguiente de que el médico le hubiese pinchado la mano con un alfiler escondido en su mano. No obstante, la paciente no podía justificar la causa de su negativa. Muchos años después, Talland (1965) demostró cómo los pacientes con síndrome de Korsakoff podían

¹ Demencia caracterizada por amnesia y asociada al alcoholismo

aprender a utilizar nuevas herramientas sin recordar concientemente el haberlas empleado con anterioridad. Sin embargo, el caso H. M. fue el más renombrado e impulsó el estudio neuropsicológico de la memoria no declarativa (Corkin, 1968). H. M. fue un paciente al que se le realizó una resección bilateral del hipocampo debido a que sufría una severa epilepsia refractaria a la medicación. Tras la intervención quirúrgica, H.M. desarrolló una amnesia severa, pero con la capacidad preservada de aprender habilidades motoras simples.

A partir del caso H.M., varios autores desarrollaron la idea de que el hipocampo era el responsable de una clase de memoria que podía ser diferenciada empírica, funcional y neuroanatómicamente de otros tipos de memoria (Graffan, 1974; Hirsh, 1974; Nadel & O'Keefe, 1974; Weiskrants, 1978). De hecho, otros autores también introdujeron otros términos para referirse a la memoria declarativa. Entre ellos, está Schachter que la llamó memoria explícita; Rudy & Sutherland denominándola memoria configural y Eichenbaum que utilizó el nombre de memoria relacional, según lo referido por Schacter y Tulving (Schachter, 1994). La memoria no declarativa también ha recibido otras denominaciones. Entre ellas, Schachter la llamó implícita, Jacoby & Witherspoon la denominaron no conciente y Johnson & Hasher usó el atributo de indirecta (Schachter, 1994). Frente a esta cantidad de vocablos, surgidos a partir de diferentes modelos teóricos que intentan explicar las diferentes formas en que la memoria se puede expresar (de forma conciente y no conciente), es indispensable unificar términos. Para ello, en la presente tesis se escogió la disociación: memoria implícita/explicita, pues tal como Schachter y Tulving (1994) acuerdan, el término declarativo se refiere a un sistema de memoria específico, mientras que el término "memoria explícita" es claramente descriptivo. A su vez, con el fin de no mezclar niveles de descripción, se empleará la dicotomía explícito/implícito, pues la misma es neutra en relación al número y naturaleza de los sistemas de memoria.

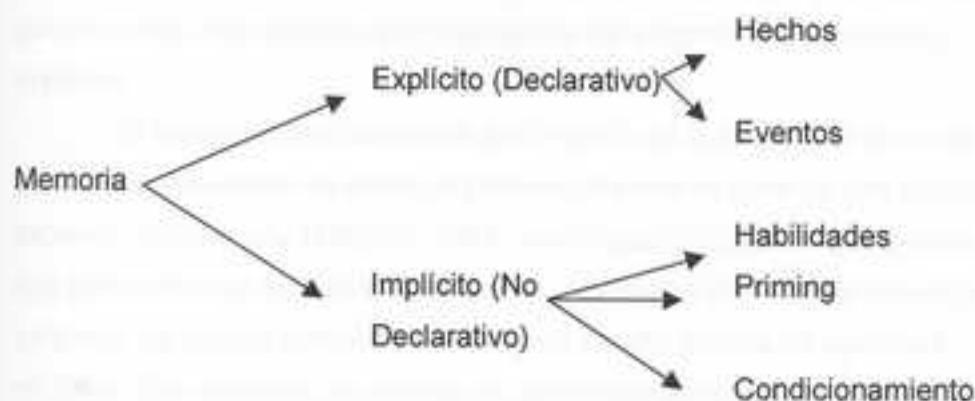
Previo a continuar con el modelo escogido de clasificación de la memoria, es importante mencionar el término memoria procedural (Winograd, 1975) usado en un inicio como contrapartida al término declarativo. Si bien fue un concepto descriptivo muy útil y popular en su momento, finalmente resultó limitado frente a una serie de hallazgos en que se describieron aprendizajes

implícitos, sin ser estrictamente procedurales. Entre ellos, el descubrimiento de Warrington y Weiskrantz (1968) demostró que los pacientes amnésicos recordaban palabras y dibujos a partir de fragmentos de los mismos, sin poder evocar el haberlos visto o leído. Dicho proceso se denominó efecto priming y será descrito con mayor detenimiento más adelante.

Dado que es objetivo de la presente tesis explorar el desarrollo de uno de los paradigmas que sostienen el concepto de la memoria implícita, es indispensable contar con un modelo de clasificación. Por su vigencia, claridad y utilidad, se ha elegido la clasificación realizada por Squire & Zola-Morgan (1988) (Cuadro 1) quienes parten de la subdivisión entre memoria explícita e implícita a partir de la revisión bibliográfica tanto teórica como de las múltiples investigaciones con pacientes amnésicos, controles normales y experimentos con animales a los que se administraron pruebas que miden la memoria. La presente subdivisión surge también a partir de una propiedad relacional de la representación propia de la memoria explícita. La memoria explícita, a diferencia de la implícita, tiene la virtud de establecer relaciones entre sus representaciones, dando lugar a una flexibilidad representativa que permite utilizar la memoria para adaptarse a nuevas circunstancias. Esto se contrapone con un perfil de mayor rigidez e inflexibilidad, propios de la memoria implícita.

Asimismo, la denominada memoria explícita incluye información sobre episodios y hechos. La principal característica del episodio, a diferencia de los hechos, es el "ser relacional", es decir que tanto en su proceso de adquisición como en el de retención se incluyen todas las circunstancias y aspectos de la realidad que están co-ocurriendo durante ese lapso de tiempo. En otras palabras, para representar un episodio es requisito *"to capture the spatial, temporal, and perhaps casual relations among all these features"*² (Nadel, 1994, pag 52). En cambio, los hechos no son intrínsecamente relacionales, al menos de la forma que lo son las representaciones, pues si bien al decir "San Martín es un prócer" se realiza un proceso de categorización en el cual se está relacionando a San Martín con una categoría en particular (próceres), la red relacional es muy diferente a la utilizada en la memorización de un episodio.

² capturar el espacio, tiempo y tal vez hasta las relaciones casuales entre estas características



Cuadro 1

Squire & Zola-Morgan (1988) incluyeron dentro del sistema de memoria implícita a las habilidades, al denominado efecto priming y al condicionamiento. Todos estos constituyen un grupo heterogéneo de formas de aprendizaje, donde la característica que los define es el hecho de no ser conscientes, es decir no ser explícitos. El concepto de habilidades es incluido en este heterogéneo grupo de formas de aprendizaje implícito, a partir del estudio de pacientes amnésicos que puso en evidencia que este grupo de pacientes podía adquirir una variedad de habilidades, tanto motoras, perceptuales o cognitivas a ritmo normal. Un ejemplo de tal aprendizaje fue lo logrado por el paciente amnésico H.M. que día a día mejoraba en la copia en espejo de diversos gráficos, a pesar de no recordar haber realizado tal tarea previamente. En dicha tarea H.M. no podía ver su propia copia sino a través de la imagen reflejada en el espejo. Es decir, el único feedback de su trabajo era el reflejo del mismo sobre el espejo. Otro ejemplo ampliamente utilizado como tarea que permite evaluar las habilidades es la búsqueda del rotor (Marsh, 2005), actividad en la que al sujeto evaluado se le da un estilo para que sostenga en su mano y se lo instruye para que intente mantener contacto con un disco metálico que se halla sobre una mesa, cuya superficie se mantiene en movimiento. El aprendizaje de habilidades fue evaluado en pacientes

amnésicos, entre ellos pacientes con mal de Alzheimer,³ que evidenciaban una clara mejoría en tareas tales como la búsqueda del rotor, el aprendizaje de una secuencia visomotora o, incluso, el reconocimiento de una gramática artificial en una serie aleatoria de de letras. Estas tareas serán descritas con mayor detenimiento más adelante por representar paradigmas de aprendizaje implícito.

El efecto priming se refiere a la mejoría de la capacidad de detección y/o procesamiento de un estímulo perceptual sobre la base de una experiencia reciente (Shimamura 1986). En 1968, Warrington y Weiskrantz demostraron que pacientes con amnesia, después de haberseles presentado una lista de palabras, no podían reconocer las mismas en una prueba de opciones múltiples. Sin embargo, cuando se les pedía que completaran con la primera palabra que se les ocurriera usando una lista de sílabas iniciales, ellos recurrían a completar dichas sílabas con las mismas palabras presentadas en la lista. Este fenómeno fue denominado efecto priming y fue observado también en tareas donde los sujetos en lugar de sílabas iniciales debían resolver anagramas (Roediger, 1990) o completar una palabra a partir de letras aisladas (Rajaram & Roediger, 1993). Asimismo el efecto priming también fue evidenciado en tareas no verbales, tales como la identificación de dibujos desvanecidos (Srinivas, 1993). En dicha tarea, a partir de la presentación de una serie de dibujos, que los sujetos no recordaban concientemente, se les presentaban los mismos dibujos iniciales pero prácticamente desvanecidos en su totalidad. Los sujetos lograban identificarlos correctamente y con sorprendente rapidez. Por último, el denominado priming semántico o conceptual, fue evaluado tanto en pacientes amnésicos como en controles normales. En dicha tarea, se les presentaba a los sujetos una serie de ítems de una clase (ej: frutas) y luego se les pedía que dijeran la mayor cantidad de palabras de dicha categoría. Tanto los controles normales como los pacientes amnésicos evidenciaban priming, pues se incrementaba significativamente la probabilidad de nombrar las palabras presentadas con anterioridad (Roediger, 1990). Como podemos evidenciar, el efecto priming se presenta de diferentes formas, si bien en todas ellas se evidencia siempre el mismo fenómeno donde

³ Demencia que en su fase inicial se caracteriza por la gradual pérdida de la memoria anterógrada.

el sujeto, tras una experiencia previa con un estímulo, incrementa su probabilidad de identificarlo, detectarlo o evocarlo de manera no conciente.

Por último, el condicionamiento fue también incluido como una de las formas de la memoria implícita, pues si bien en sujetos normales el condicionamiento puede ser asociado al estímulo que le dio origen y ser de naturaleza conciente, existe también clara evidencia de que los pacientes amnésicos pueden ser condicionados, a pesar de no poder referir las causas del mismo. Weiskrantz & Warrington (1979) condicionaron a pacientes amnésicos a parpadear frente a un estímulo asociado a un soplo de aire. Los sujetos parpadeaban pero no podían dar cuenta de la razón de dicha conducta cuando el soplo de aire desaparecía y se mantenía el estímulo asociado. Por lo tanto, ésta como otras múltiples investigaciones han demostrado que los sujetos amnésicos son sensibles al condicionamiento. A su vez, esta evidencia ha sido reforzada por el hecho de que los animales con resección total de los hipocampos de ambos hemisferios también han podido ser condicionados.

Como se explicitó previamente y se pudo deducir después de esta breve referencia a cada una de las formas de aprendizaje implícito, se trata de un grupo heterogéneo donde el único rasgo en común es el de no ser explícito. Justamente por ello, las teorías más actuales, sin dejar de reconocer la importancia que ha tenido la clasificación entre memoria implícita y explícita, consideran que seguramente esta dicotomía entre memoria implícita y explícita responde a una sobre-simplificación y, como dice Baddeley, *"I suspect that there is one part of a memory system that is indeed responsible for our capacity to acquire new information and relate it to ourselves and our environment, a process which one might call episodic memory, and which is impaired in the amnesic syndrome. I suspect that there is a wide range of other aspects of learning and memory which have in common the fact that they do not need an autobiographical component for their acquisition. I see no reason to assume that these will necessarily form a unitary system"* (1997, pág. 152).⁴

⁴ "Creo que hay un sistema de memoria a largo plazo, que es el responsable de que adquiramos nueva información y la relacionemos con nosotros mismos y nuestro ambiente, un proceso que uno llamaría memoria episódica, y que se encuentra dañado en el síndrome amnésico. Considero que hay otros aspectos del aprendizaje y la memoria, que tienen en común el hecho de no necesitar de un componente autobiográfico o episódico para su adquisición. No creo que exista razón alguna para asumir que éstos van necesariamente a formar un sistema único" (la traducción es mía).

El hecho de que tanto Baddley como otros investigadores consideren necesaria una nueva taxonomía de la memoria ha llevado a que la mayor parte de las investigaciones realizadas en los últimos años se hayan centrado en uno de los tres paradigmas que sostienen el concepto de memoria implícita en forma independiente. Se trata de las categorías formuladas como la adquisición de una gramática artificial, los sistemas complejos de control y la disminución en los tiempos de reacción en tareas donde se repite una serie o secuencia. A continuación, se describirán brevemente las tres a fin de adentrarnos a comprender tres formas diferentes de expresión de la memoria implícita.

1. Aprendizaje de una gramática artificial: Cuando un niño aprende el lenguaje, él o ella adquiere y emplea gradualmente formas gramaticales cada vez más complejas, sin ser capaz de formular las reglas gramaticales que rigen su habla. En cambio, durante el aprendizaje de un segundo idioma, se suelen enseñar las reglas gramaticales en forma explícita. Por lo tanto, la forma en que los niños aprenden la gramática de su lengua materna puede ser un modelo útil de aprendizaje implícito. De hecho, la gramática presenta dos características principales: primero es un sistema donde hay sólo ciertas secuencias de formas gramaticales aceptables y segundo es un sistema que debe permitir un infinito número de posibles secuencias. En un estudio realizado por Reber (1967) se le enseñó a un grupo una secuencia de letras enlazadas por una gramática y a otro grupo una serie aleatoria. A ambos grupos se les mostró posteriormente 44 secuencias, donde una mitad eran enlazadas gramaticalmente y la otra mitad no respondía a la gramática dada. El primer grupo que había aprendido las secuencias gramaticales clasificó correctamente el 74 % de las secuencias, mientras que el segundo grupo no pudo distinguir entre las series gramaticales y no gramaticales, dando cuenta de que los sujetos habían adquirido implícitamente las reglas gramaticales. En consecuencia, el paradigma de la gramática artificial representa un paradigma claro de aprendizaje implícito, cuyo estudio y desarrollo puede brindar importantes respuestas a los lingüistas focalizados en el desarrollo del lenguaje en los niños.

2. Sistemas complejos de control: Se desarrollaron sistemas en los que los sujetos debían controlar una tarea, sin que se les diesen pautas de su funcionamiento. Entre ellas, se utilizó una prueba que simula el trabajo en una refinería de azúcar y otra en la que deben atribuir un estado de ánimo a una persona virtual que responde a los input del sujeto en forma compleja pero predecible. Ambas pruebas, si bien muy diferentes en apariencia, se basaron en la misma ecuación. En los dos casos, pese a que los sujetos mejoraban, ellos no podían responder a preguntas sobre la naturaleza de la tarea (Berry y Broadbent, 1984), dando cuenta de que el aprendizaje no se había hecho conciente.
3. Disminución de los tiempos de reacción en tareas donde se repite una serie o secuencia: La adquisición de una secuencia redundante ha sido demostrada a través de la prueba denominada "tarea de tiempos de reacción de una secuencia" (TTRS), desarrollada y empleada por Nissen y Bullemer en 1987 por primera vez. En la misma, el sujeto es sentado frente a una pantalla de computadora y un teclado con cuatro teclas claramente diferenciadas. En la pantalla, aparecen cuatro espacios alineados horizontalmente y a cada uno de estos espacios le corresponde una tecla. Un asterisco va a aparecer en alguno de estos cuatro espacios, repitiendo una secuencia prefijada de aparición. El sujeto debe colocar sus dedos índice, mayor, anular y meñique de una mano sobre cada una de las teclas y pulsar la tecla que corresponde al espacio donde aparece el asterisco lo más rápidamente posible. El asterisco no desaparece de la pantalla hasta que la persona no pulsa la tecla correspondiente. Se calculan los tiempos de reacción, desde la aparición del asterisco hasta la pulsación de la tecla correspondiente y la consiguiente desaparición del asterisco de dicho lugar. La aparición de los mismos puede ser aleatoria y seguir una secuencia predeterminada, constituyendo de esta manera dos clases de bloques: aleatorios o con una secuencia. De esta manera, el aprendizaje de la secuencia se calcula de dos formas. En primer lugar, la paulatina disminución de los tiempos de reacción a medida que los bloques con la misma secuencia se repiten; en segundo lugar, mediante la comparación de los tiempos de reacción entre los periodos en que se repite la secuencia y la serie de

estímulos presentados en forma aleatoria. Sobre este paradigma que evidencia el aprendizaje implícito se desarrolló la presente investigación por lo que será tratado con más detalle más adelante.

Desarrollo de la memoria implícita

La pregunta sobre el desarrollo de la memoria implícita es fundamental para comprender si existe o no una disociación entre la memoria explícita e implícita, pues diferencias en el desarrollo de las mismas darían cuenta también de una disociación. No obstante es un hecho claro que la bibliografía sobre el desarrollo de la memoria implícita es escasa, en particular si se la compara con el vasto caudal bibliográfico que existe en torno al desarrollo de la memoria explícita. A su vez, el material se limita aún más si se centra en el aprendizaje de una secuencia visomotora.

En cuanto al desarrollo de la memoria explícita, existe cierto consenso en torno a que la misma continúa desarrollándose hasta durante la adolescencia (Kail, 1990; Schneider & Pressley, 1997), lo cual ha sido atribuido clásicamente a una combinación de cuatro factores. En primer lugar, la capacidad de incorporar información de la memoria a largo plazo, que se desprende de la respectiva maduración de la formación hipocámpica y sus conexiones con la corteza. En segundo lugar, está relacionada con el incremento de conocimientos del niño, dado que es sabido que mayor conocimiento de un tema favorece la memoria explícita sobre dicho tema. El tercer y cuarto factor están relacionados al procesamiento estratégico de la información, es decir a las estrategias mnésicas y a la metamemoria. Ambas emergen alrededor de los cinco y seis años de edad y continúan incrementándose a lo largo de la adolescencia.

Murphy, K., McKone, E. y Slee, J. (2003) desafían la teoría de la memoria explícita, argumentando que los cambios en el desarrollo de la memoria explícita partir de los cinco años son como consecuencia del desarrollo de estrategias mnésicas y de la metamemoria, sin filiación con el sistema de la memoria que lo sustenta. No obstante ello, el debate continúa abierto, pues si bien a partir de la investigación llevada a cabo por Murphy y col. (2003) se concluye que la disociación entre memoria explícita e implícita es consecuencia

del procesamiento estratégico, los estudios sobre los diferentes ritmos de maduración fisiológica entre el sistema de memoria explícita e implícita aún tienen validez.

En relación al desarrollo de la memoria implícita, a continuación se detallarán primero algunos estudios centrados en el desarrollo del efecto priming y el condicionamiento, para luego centrarse en el desarrollo de las habilidades, aspecto más puntual que atañe directamente a la presente investigación.

Efecto priming

El primer estudio centrado en el desarrollo del efecto priming en tres grupos de edad fue desarrollado por Carroll y col. (1985). En el mismo, primero se le pedía a un grupo de adultos y a otro de niños entre cinco y diez años que denominaran una serie de dibujos. Luego se les volvían a presentar los dibujos y se medía el tiempo de latencia hasta que lo denominaban nuevamente, a la vez que se les preguntaba si dichos dibujos habían sido presentados previamente. Tal como Carroll había formulado con anterioridad, el reconocimiento mejoraba con la edad, mientras que el tiempo de latencia previo a la denominación evidenciaba que el desarrollo de esta clase de memoria implícita no variaba con la edad.

Otros estudios siguieron al trabajo de Carroll, focalizándose más en el desarrollo de la memoria implícita. Greenbaum & Graf (1989) evaluaron dos grupos de niños de tres y cinco años respectivamente mostrándoles una serie de dibujos con objetos que se encuentran habitualmente en diferentes áreas de un zoológico. Primero, se les pedía a los niños que nombraran y recordaran los dibujos. Luego se les leía un breve cuento acerca de una visita al jardín zoológico en el cual se iba a una de las áreas previamente nombradas y, al llegar, se les pedía que dijeran los objetos que seguramente encontrarían allí. El efecto priming fue medido a través de la probabilidad de dar una determinada respuesta. El mismo no evidenció diferencia entre edades, si bien cuando se les pedía a los sujetos que identificaran qué objetos habían sido mostrados o no previamente, se observó un cambio significativo a medida que se incrementaba la edad. Este estudio también evidenció una invariabilidad de la memoria implícita con la edad.

Parkin & Streete (1988) desarrollaron una forma creativa de evaluar priming en niños y Snodgrass (1989) posteriormente aportó una fórmula que permitía recalcular los datos obtenidos. Se emplearon una serie de dibujos incompletos y se solicitó a un grupo de adultos y a tres grupos de niños de tres, cinco y siete años respectivamente que los denominaran. Si no lograban darse cuenta qué representaban, se les mostraba nuevamente el dibujo cada vez más completo. El efecto priming se evaluó mostrando nuevamente los dibujos y comparando la cantidad de pistas que necesitaban para denominar el dibujo en relación a la primera presentación. Por otro lado, la memoria explícita se evaluó mediante un test de reconocimiento en el que se le pedía a los sujetos que diferenciassen qué dibujos habían sido presentados previamente y cuáles no. A pesar de que los resultados indicaban una invariabilidad en el desarrollo del priming y una mejoría en la memoria explícita a medida que se incrementaba la edad, estos resultados no pudieron ser concluyentes debido a que pudieron reflejar contaminación en el período de reconocimiento. Por lo tanto, Russo y col. (1995) repitieron el estudio de Parkin & Streete incorporando nuevos dibujos y evitando los efectos de la contaminación, evaluando priming sólo en aquellos elementos que los sujetos no reconocían. El haber mejorado este aspecto en el diseño del experimento permitió concluir que no se producían diferencias en el priming entre niños de diferentes edades y los adultos.

Ellis y col. (1993) realizaron estudios para evaluar el desarrollo del efecto priming en niños usando fotos de rostros de compañeros de clase. En un primer experimento, se les mostró a una serie de niños de cinco, ocho y once años de edad fotos de rostros de compañeros en las que debían decidir sobre el género o expresiones faciales. Luego, se les volvían a mostrar los rostros y debían decidir lo más rápidamente posible si conocían o no a esa persona, teniendo en cuenta que la mitad de dichas caras ya se les había mostrado inicialmente. Este estudio reveló que los tres grupos de niños evidenciaron un efecto priming en el reconocimiento (más rápido) de rostros que se habían mostrado previamente en contraste con aquellos que no habían sido mostrados. Los autores concluyeron que el efecto priming no muestra cambios a medida que el niño se desarrolla.

Otro estudio de priming con rostros fue realizado por Newcombe & Fox (1995). En el mismo, se les pedía a niños de nueve y diez años de edad que

reconocieran rostros de ex-compañeros mientras se medía la velocidad de conducción de la piel. La misma se incrementaba cuando se presentaban las caras de ex compañeros. Llamativamente lo mismo no correlacionaba con el reconocimiento explícito de los rostros. El resultado obtenido implicaría que la respuesta autonómica sería independiente del recuerdo explícito. Por último podemos citar a Naitio (1990) quien con niños de seis, ocho y once años de edad evaluó el efecto priming con palabras, pidiendo primero a los participantes que respondieran preguntas que requerían elaborar una respuesta sobre la palabra en cuestión; o que se centraban en las características físicas de las palabras y luego administrando un test de evocación libre y el clásico test de completar la palabra a partir de la sílaba inicial. En este estudio también se observó que el efecto priming era estable, mientras que la evocación libre mostraba una mejora con la edad.

A partir de todos estos estudios que evalúan el desarrollo del priming, Parkin (1993) concluye en primer lugar que la memoria implícita sería operativa desde la primera infancia, pues existiría evidencia de priming a partir de los tres años de edad. En segundo lugar, el efecto priming no variaría a medida que se incrementa la edad y, si bien esto ha sido demostrado en tests de priming perceptual, habría evidencia de priming verbal en niños de seis años. Por último, Parkin concluye que existiría una disociación en el desarrollo entre memoria implícita y explícita debido a que los niños pequeños evidencian una buena desempeño en el priming y un bajo rendimiento en tests de memoria explícita en el que se usa el mismo material.

Condicionamiento

Los dos principales métodos de estudio del condicionamiento en niños han sido el condicionamiento clásico⁵ y el condicionamiento operante⁶; e incluso estos han sido estudiados en bebés.

El primer estudio de condicionamiento clásico en recién nacidos fue realizado por Little y col. (1970). En éste, se presentaban 50 estímulos

⁵ Se basa en el proceso de asociación entre dos estímulos, que permite a uno de ellos recibir, al hilo de situaciones respectivas, la capacidad de provocar la respuesta que el otro sólo se limitaba a engendrar; en otras palabras relaciona un estímulo con otro que ya produce una determinada respuesta.

⁶ Es una forma de aprendizaje en la que la consecuencia (el estímulo reforzador) es contingente a la respuesta que previamente ha emitido el sujeto. El condicionamiento operante implica la ejecución de conductas que operan sobre el ambiente.

condicionados (un tono) inmediatamente seguidos por un estímulo no condicionado (un soplo de aire) que hacía a los bebés parpadear. Se observó que, a diferencia de los adultos, los bebés presentaban condicionamiento clásico a intervalos cortos, mientras que los adultos lo hacían con un intervalo largo. Little y col. (1984) realizaron otro estudio en el que se entrenaba a recién nacidos de 10, 20 y 30 días con el mismo método recientemente descrito, incluso 10 días después se realizaba un test de retención. En el mismo, se observó que, tanto los bebés de 20 como de 30 días, habían sido condicionados, mientras que el grupo de los más pequeños no evidenció condicionamiento. A su vez, los bebés de 20 días que habían sido entrenados evidenciaban mayor retención que los bebés que habían sido entrenados por primera vez a los 30 días. Por lo tanto, el resultado final expuso que los bebés de a partir unos 20 días presentaron condicionamiento clásico.

Asimismo, los primeros y principales estudios de condicionamiento operante fueron realizados por Roove & Fajen (1976). Los mismos se llevaron a cabo mediante el uso de un gimnasio para bebés. En dicho estudio, se colocó un gimnasio que los pequeños podían activar a través del movimiento de sus pies. Los resultados indicaron que a partir de los tres meses los bebés aprendían la contingencia entre patear y el movimiento del gimnasio, y que a su vez la retenían por un lapso de 24 horas. Una de las ventajas de este método de evaluación de condicionamiento operante es que el "premio", es decir el movimiento del gimnasio, es proporcional a la fuerza con la que pateaban. A la vez, se observó un aumento en la intensidad del pateo entre los primeros tres y seis minutos, que no era simplemente el resultado del entusiasmo frente al movimiento del gimnasio. Hill (1988) adaptó el gimnasio para poder ser usado por bebés de 6 meses y las sesiones de aprendizaje eran 1/3 más breves. En ellas se observó que los pequeños de seis meses aprendían entre el primer y tercer minuto, demostrando mayor rapidez en la curva de aprendizaje. Hartshorn y col. (1997) emplearon el mismo paradigma en niños de entre dos y dieciocho meses de edad, demostrando que cuando más edad tienen, los periodos por los cuales retienen el aprendizaje son cada vez más prolongados. Los estudiosos concluyeron que los bebés de dos meses recuerdan la contingencia entre el pateo y el movimiento del gimnasio por un día, pero no por tres; los de tres meses la recuerdan por tres o cuatro días pero no por seis

u ocho; los bebés de seis meses por dos semanas pero no por tres; y así hasta llegar a los niños de dieciocho meses que la recuerdan por doce semanas.

Utilizando el mismo paradigma de condicionamiento operante, Rovee-Collier & Hayne (1987) estudiaron la especificidad de la memoria de los bebés, cambiando diferentes aspectos del estímulo original (el gimnasio, la cuna, el entorno del cuarto, la habitación, etc.). En dicho estudio, los científicos hallaron que los pequeños de dos y tres meses no reconocían el gimnasio 24 hs. después del entrenamiento inicial, si más de un objeto había sido cambiado del gimnasio empleado durante el entrenamiento. Lo mismo implicaría que el gimnasio quedó representado en la memoria y que el cambio interfirió en la misma presentando dificultad para los pequeños.

A partir de la breve reseña de estudios de condicionamiento en humanos presentada, no cabe duda sobre lo temprano de su desarrollo. Aquí, en cambio la pregunta más concreta sería en torno a qué momento tal condicionamiento se torna explícito y a cómo evaluar si tal condicionamiento es explícito o implícito. A los fines de la presente tesis, no es pertinente desarrollar dicho tema, si bien es importante evidenciar lo temprano que se inicia el desarrollo del condicionamiento a diferencia de las formas de aprendizaje explícito.

Habilidades

Dentro del denominado aprendizaje de habilidades, existen múltiples actividades que permiten su evaluación. Sin embargo, los estudios sobre el desarrollo se han centrado en el aprendizaje de una secuencia motora compleja y, en dicha tarea, las investigaciones realizadas en niños se limitan hasta el momento a tres trabajos. Teóricamente se planteó la hipótesis ya hace una década atrás que el aprendizaje de una secuencia visomotora, al depender de estructuras tales como los ganglios de la base y del cerebelo, se desarrollaría antes debido a que estas estructuras presentan una evolución ontogenética anterior. No obstante ello, los estudios realizados presentan resultados con cierta variabilidad, pues como se expone a continuación en algunos de ellos no se evidencian diferencias en el desarrollo, mientras que en otros casos se observan pequeños cambios a favor de los niños mayores y de los adultos.

Meulemans (1998) realizó una investigación con dos grupos de niños de seis y diez años respectivamente y con adultos, evaluando el aprendizaje de una secuencia visomotora a través del TTRS. Esto presentó ciertas diferencias metodológicas respecto del original diseñado por Nissen y Bullemer (Willingham, 1989) y adaptado por Pascual – Leone, pues en cada sesión de aprendizaje se presentaron en primera instancia 4 bloques aleatorios, seguidos por 10 bloques con una secuencia predeterminada que se repetía, para finalizar con 6 bloques aleatorios nuevamente. A su vez, los tres grupos de edad fueron divididos en dos según la administración de la prueba de reconocimiento. El primero realizó una sola sesión de aprendizaje y al finalizar se llevaba a cabo una prueba de reconocimiento. El segundo grupo realizaba el reconocimiento a la semana siguiente y después de una nueva sesión de aprendizaje. En la prueba de reconocimiento, los sujetos debían decidir si una secuencia de cuatro estímulos era parte de la secuencia presentada y completar una escala diseñada para medir su confianza en la respuesta. La escala presentaba cinco opciones desde "Estoy seguro/a que nunca la vi" hasta "Estoy seguro/a que la vi". La presente investigación evidenció una diferencia en los tiempos de reacción entre la secuencia aleatoria y predeterminada en los tres grupos de edad, demostrando que el aprendizaje de una secuencia motora compleja se produce a un mismo nivel en los tres grupos. Una mejoría global de los tiempos de reacción (secuencia aleatoria y predeterminada) se observó sólo en el grupo de los más pequeños. A su vez, el análisis del número de errores en ambos grupos dio como resultado que los mismos aumentaban cuando la secuencia era aleatoria particularmente con el grupo de seis años. Dos de los hallazgos más importantes de la dicha investigación fueron que, tanto los niños como los adultos, retuvieron el aprendizaje por el lapso de una semana y que, a diferencia de otros estudios, ninguno de los dos grupos logró el aprendizaje explícito de la secuencia presentada en la prueba de reconocimiento, si bien el grupo de adultos tendía a decir más frecuentemente que había visto la secuencia (ya sea que la hubiera visto o no). En conclusión, la presente investigación concluyó que la maduración de la memoria implícita se producía temprano en el desarrollo.

Por otro lado, en el estudio de Thomas y Nelson (2001), se investigó el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños de cuatro, siete y diez

años. La investigación fue dividida en dos experimentos. En el primero, participaron niños de siete y diez años a los cuales se les presentó el TTRS con ciertas adaptaciones. Los niños fueron divididos en dos grupos: el primero al que se le explicaba previamente que existía una secuencia y se les mostraba la secuencia sin pedirles que la memorizaran. El segundo grupo no recibía instrucciones de que existiera una secuencia, pero se les pedía que respondiesen lo más rápidamente posible. Los resultados indicaron que los dos grupos mejoraron los tiempos de reacción, si bien el grupo de los más pequeños presentaban tiempos de reacción más lentos. A su vez, también se observó que se incrementaban los errores en las series aleatorias en ambos grupos de edad. Asimismo, el estudio reveló una mejora global en los tiempos de reacción de las series aleatorias. Con respecto a los dos grupos de niños, uno al que se les había explicado que existía una secuencia y otro al que no, la única diferencia hallada fue que el que sabía que existía una secuencia realizó un mayor porcentaje de anticipaciones correctas que el que no lo sabía. A diferencia de lo sucedido con el aprendizaje implícito, donde no se observaron diferencias significativas por edad, aquellos niños de diez años que alcanzaron conocimiento explícito de la secuencia realizaron más anticipaciones correctas que el grupo de niños de siete años que alcanzó conocimiento explícito. Por lo tanto, Thomas & Nelson concluyeron que el aprendizaje implícito es relativamente estable a lo largo del tiempo, mientras que el aprendizaje explícito continúa desarrollándose a lo largo de la infancia. Para mayor profundización, se realizó el Experimento II adaptando el TTRS para niños de cuatro años. Los resultados fueron coincidentes con los del experimento I, evidenciando el aprendizaje implícito a través de los tiempos de reacción, pero también un incremento en el número de errores seguramente debido al cansancio y a la fatiga frente a la tarea. En este grupo hubo un sólo niño que alcanzó aprendizaje explícito. En líneas generales, la presente investigación coincide con los hallazgos obtenidos por Meulemans en torno a que el aprendizaje implícito no evidencia diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad, si bien son claras otras diferencias en el aprendizaje, a saber, un mayor aprendizaje explícito a medida que se incrementa la edad y un mayor número de anticipaciones correctas.

El trabajo más reciente sobre esta temática fue realizado por Thomas K.M. y col. (2004). En el mismo, se comparó no sólo el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños entre siete y once años de edad y adultos a través de una adaptación del TTRS, sino también la actividad cortical entre los grupos mediante resonancia magnética funcional (RMf). A partir de esto, se planteó como hipótesis que ambos grupos presentarían un aprendizaje de la secuencia equivalente, como ya lo habían demostrado estudios previos. A diferencia de los resultados en los estudios previos, los adultos lograron un mayor y, por sobre todo, un más rápido aprendizaje de la secuencia. Es decir, si bien los niños lograron un importante aprendizaje de la secuencia, la magnitud y la velocidad con la que adquirieron el aprendizaje no fue en nada equivalente a la de los adultos. A su vez la precisión, medida a través del número de errores, fue menor en los niños que en los adultos. Este último estudio, a diferencia de los anteriores, es el primero en presentar evidencia a favor de una diferencia en el aprendizaje de una secuencia visomotora entre niños y adultos, desafiando la teoría de invariabilidad de la memoria implícita y sugiriendo un desarrollo paralelo de ambos sistemas de aprendizaje.

Como conclusión de esta breve revisión sobre el desarrollo de la memoria implícita, podemos afirmar que ella presenta un ritmo diferente de maduración que la memoria explícita. No obstante esta afirmación, no es completamente adecuado hablar de una cierta invariabilidad en el desarrollo de la memoria implícita, pues éste es un concepto rígido que no necesariamente refleja los resultados que evidencian ciertos cambios en la velocidad de reacción en el aprendizaje de una secuencia visomotora o los beneficios de un conocimiento previo sobre el tema en el efecto priming.

Correlatos neuroanatómicos de la memoria implícita

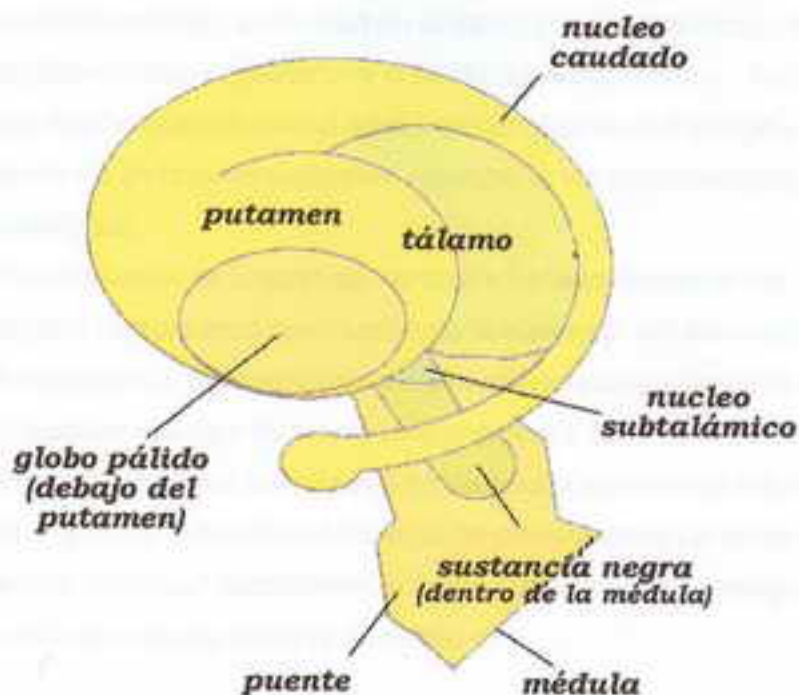
La clasificación que distingue entre aprendizajes mediados y no mediados por la conciencia está avalada por investigaciones neuropsicológicas y de neurología cognitiva que han demostrado cómo las diferentes estructuras del sistema nervioso central son responsables de la memoria explícita e implícita. Squire (1995) realizó un breve pero completo resumen de las

paradigmas que sostienen el concepto de memoria implícita, el presente trabajo se centrará en el paradigma de disminución de los tiempos de reacción en tareas donde se repite una serie o secuencia. Las investigaciones sobre esta clase de memoria implícita han evidenciado que se encuentra mediada por una red neural que comprende los ganglios de la base, el cerebelo, el tálamo y las cortezas frontal y parietal. Por lo tanto, a continuación se ofrecerá una breve descripción sobre la anatomía y función de cada una de estas estructuras, a modo de contexto para luego revisar la función de las mismas en el aprendizaje de una secuencia visomotora.

Ganglios de la base (Dibujo N° 2)

Los ganglios de la base corresponden a un grupo de masas de sustancia gris, ubicadas en el centro de cada hemisferio cerebral. Ellos incluyen el cuerpo estriado, el núcleo amigdalino y el claustró. El cuerpo estriado se ubica por fuera del tálamo y se encuentra casi completamente dividido por la cápsula interna, en el núcleo caudado y en el núcleo lenticular. A su vez, el núcleo lenticular se divide en el putamen y el globo pálido. El cuerpo estriado recibe fibras aferentes de diferentes áreas de la corteza cerebral, el tálamo, el subtálamo y el tronco encefálico. La función clásica del cuerpo estriado está vinculada con el movimiento muscular. El núcleo amigdalino está ubicado en el lóbulo temporal, próximo al uncus y se considera parte del sistema límbico. El claustró es una delgada lámina de sustancia gris separada de la superficie lateral del núcleo lenticular por la cápsula externa. Cabe destacar que la función del claustró se desconoce al día de hoy. A su vez, la bibliografía difiere en considerar a la sustancia negra, el núcleo rojo y los núcleos subtalámicos como parte de los ganglios de la base pues, desde el punto de vista funcional, están estrechamente relacionados si bien no se encuentran incluidos dentro de éstos.

La función clásica de los ganglios de la base es regular el movimiento voluntario y el aprendizaje de las habilidades motoras, por lo tanto influyen tanto en la ejecución de un movimiento como en la preparación para los mismos.



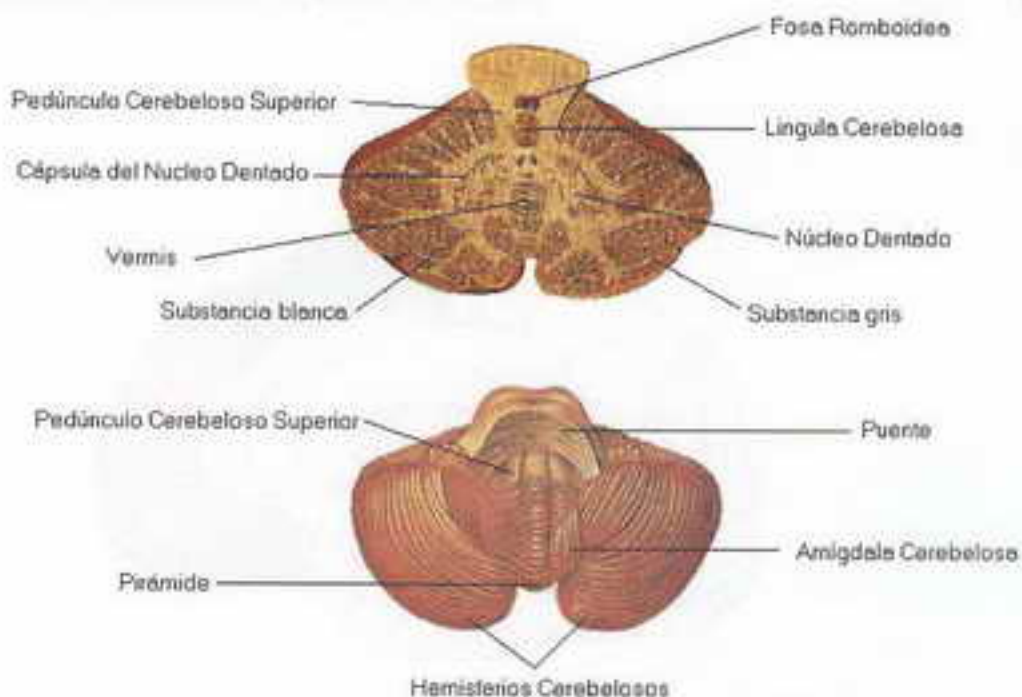
Dibujo N° 2

Cerebelo (Dibujo N° 3)

El cerebelo está ubicado en la fosa craneana superior y está cubierto arriba por la tienda del cerebelo. Éste se ubica detrás del cuarto ventrículo, la protuberancia y el bulbo raquídeo y consiste en dos hemisferios cerebelos unidos por el vermis. El cerebelo está dividido en tres lóbulos: el lóbulo anterior, el lóbulo medio y el lóbulo floculonodular. El lóbulo anterior puede verse sobre la superficie del cerebelo y está separado del lóbulo medio por la cisura primaria. El lóbulo medio ocupa la mayor superficie y se ubica entre la cisura primaria y la uvulonodular. El lóbulo floculonodular se ubica por detrás de la cisura uvulonodular. Asimismo, el cerebelo está conectado a la cara posterior del tronco del encéfalo por tres haces simétricos de fibras nerviosas denominados pedúnculos cerebelosos superior, medio e inferior. Las fibras aferentes cerebelosas pueden clasificarse en fibras aferentes cerebelosas desde la corteza cerebral y fibras aferentes cerebelosas desde la médula espinal. Las primeras, donde la corteza envía información al cerebelo, son tres vías: la vía corticopontocerebelosa, la vía cerebroolivocerebelosa y la vía cerebrotectocerebelosa. La segundas, donde la médula espinal envía

información al cerebelo, se dividen en el tracto espinocerebeloso inferior, el tracto espinocerebeloso posterior y el tracto cuneocerebeloso. Todas las vías eferentes cerebelosas ocurren a través de las células de Purkinje y a través de tres vías: la vía globoso-emboliforme –rúbrica, la vía dentotalámica y la vía fastigiovestibular.

Clásicamente, la función del cerebelo ha sido coordinar los movimientos, comparando continuamente la eferencia del área motora de la corteza cerebral con la información propioceptiva recibida desde el sitio de la acción muscular. De esta forma, el cerebelo puede llevar a cabo los ajustes necesarios influyendo en la actividad de las neuronas motoras inferiores. No obstante ello, a partir del descubrimiento de proyecciones cerebelosas a regiones "no motoras," recientemente se ha comenzado a investigar y a atribuir un rol en funciones cognitivas al cerebelo.

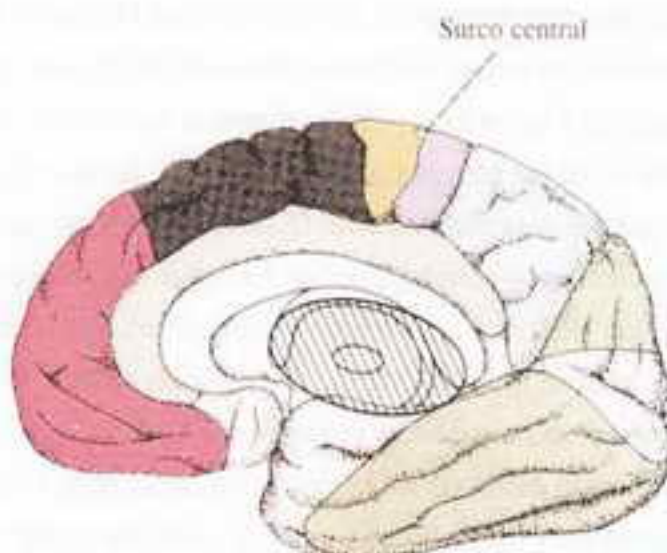


Dibujo N° 3

Tálamo (Dibujos N° 4 y N° 5)

El tálamo es una gran masa ovoide de sustancia gris que forma la mayor parte del diencefalo. El diencefalo constituye la parte central del cerebro y está rodeada por los hemisferios cerebrales, de tal forma que la única parte visible

sea la superficie basal. El tálamo está formado por una serie de núcleos con diferentes aferencias y eferencias y, en consecuencia, diferentes funciones. Los núcleos ventroanterior y ventrolateral forman parte del circuito de ganglios basales, y por ello tienen injerencia en la ejecución de movimientos voluntarios. Estos núcleos reciben aferencias desde el globo pálido y envían fibras eferentes al prefrontal, el área motora suplementaria y promotora de la corteza cerebral. El núcleo dorsomedial tiene conexiones con la corteza del lóbulo frontal y el hipotálamo, incluso existe evidencia de que se encuentra involucrado en los estados emocionales y en la personalidad del individuo. Los núcleos intralaminares que reciben aferencias de la formación reticular como de la corteza frontal, temporal y parietal, pueden influir en los niveles de conciencia así como en el estado de alerta del individuo. A su vez, gran cantidad de información sensitiva (exceptuando lo olfativo) convergen en el tálamo, por lo que una de sus funciones sería integrar la información sensorial a través de las interconexiones entre los núcleos.

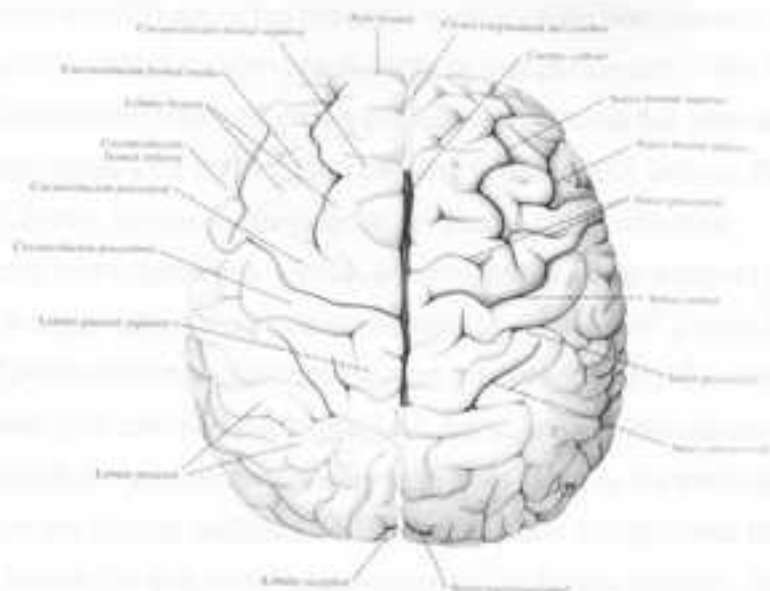


Dibujo N° 4

área motora suplementaria se ubica en la circunvolución medial, sobre la cara media del hemisferio y sobre el lobulillo paracentral. La corteza prefrontal es una región extensa que se encuentra delante del área precentral. Incluye la mayor parte de las circunvoluciones frontales superior, media e inferior, las circunvoluciones orbitaria, la mayor parte de la circunvolución frontal medial y la mitad anterior de la circunvolución del cíngulo. En el capítulo IV, se ahondará más profundamente en las conexiones y rol de la corteza prefrontal.

Lóbulo parietal (Dibujo N° 6 y N°7)

El lóbulo parietal es la porción media y superior del hemisferio cerebral. Está limitado por arriba, por el borde superior del hemisferio cerebral; por detrás por una línea que uniría la cisura preoccipital y el borde interno superior del hemisferio y que lo separa del lóbulo occipital; por debajo por la cisura de Silvio que lo separa del lóbulo temporal; y por delante por la cisura de Rolando que lo separa del lóbulo frontal. El lóbulo parietal se puede dividir en el área somatoestésica primaria, el área somatoestésica secundaria y el área somatoestésica de asociación. La primera ocupa la circunvolución poscentral sobre la superficie lateral del hemisferio y la parte posterior del lobulillo paracentral sobre la superficie medial. Ella recibe fibras de proyección desde los núcleos ventroposterolateral y ventroposteromedial del tálamo y la mitad opuesta del cuerpo está representada en forma invertida. El área somatoestésica secundaria se encuentra en el labio superior del brazo posterior a la cisura lateral. El cuerpo está representado bilateralmente, con el lado contralateral dominante. Cabe destacar que las conexiones así como la función de esta región se desconocen al día de hoy. El área somatoestésica de asociación ocupa el lobulillo parietal superior que se extiende en la superficie medial del hemisferio. Ésta tiene múltiples conexiones con otras áreas sensitivas de la corteza y se cree que su función principal es recibir e integrar diferentes modalidades sensitivas.



Dibujo N° 6



Dibujo N° 7

Roles de las estructuras neuroanatómicas en el aprendizaje de una secuencia visomotora

A partir de esta breve reseña sobre la localización, anatomía y función de las estructuras neuroanatómicas que forman parte de la red neural necesaria para el aprendizaje de una secuencia visomotora, se realizará a

continuación un revisión sobre los artículos centrados en comprender el rol de dichas estructuras neuroanatómicas durante la realización del TTRS. Desde un inicio, la adquisición implícita de las secuencias motoras fue vinculada a lesiones cerebelosas y de los ganglios basales (Vakil, 2000; Gómez Beldarrian, 1998; Exner, 2002). En consecuencia, se llevaron a cabo múltiples investigaciones con sujetos que sufrían enfermedades degenerativas de los ganglios de la base, tales como la enfermedad de Parkinson⁷ y la de Corea de Huntington⁸ (Pascual-Leone, 1993; Knopman & Nissen, 1991). En dichas investigaciones y tal como se había previsto, los sujetos evidenciaron un déficit en el aprendizaje de una secuencia visomotora. Asimismo, los pacientes que se hallaban en los últimos estadios de Parkinson y con compromiso bilateral y daño frontal fueron los que mostraron mayores dificultades (Doyon, 1997). No obstante esto, el extraer conclusiones, tanto sobre la participación de los ganglios de la base en el aprendizaje implícito de una secuencia como sobre su rol, debe ser algo tomado con cautela, porque en estas patologías la degeneración no se limita a los ganglios de la base, sino que la enfermedad suele estar acompañada de disfunciones metabólicas en las áreas frontales. Por dicha razón, se realizaron estudios con el TTRS en pacientes que habían presentado infartos hemorrágicos e isquémicos en los ganglios de la base (Exner y col., 2002) con el objetivo de circunscribir el daño a una sola estructura. Con ellos, se halló que los pacientes con daño en los ganglios de la base respondían más lentamente que los controles, aunque no había diferencias significativas entre los controles y los pacientes con lesiones en los ganglios basales durante el aprendizaje de una secuencia visomotora. Es decir, si bien los pacientes con daño en los ganglios de la base respondían más lentamente, la diferencia en los tiempos de reacción entre los denominados bloques aleatorios y aquellos donde la secuencia se repetía no evidenciaba diferencias entre ambos grupos.

A partir de estos hallazgos Exner distinguió entre dos diferentes procesos en la realización del TTRS. El primero implicó una disminución en los tiempos de reacción, independiente de la existencia o no de una secuencia; el

⁷ Cuadro neurológico caracterizado por comienzo insidioso y evolución progresiva caracterizado por facies inexpressiva, rigidez generalizada y temblor grueso involuntario

⁸ Enfermedad hereditaria que se caracteriza por corea crónica progresiva y deterioro mental que lleva a la demencia

segundo, un aprendizaje implícito de la secuencia. A la mejoría en los tiempos de reacción, independiente del aprendizaje implícito, se llega mediante un proceso en el que el sujeto se vuelve cada vez más rápido en aparear el estímulo visual con la apropiada respuesta motora. Serían entonces los ganglios de la base los encargados de este proceso adaptativo que implica una mejoría global de los tiempos de reacción. Por lo tanto, Exner concluyó que la evidencia indicaba que *"whenever movements are performed, planned or imagined, the basal ganglia facilitate the required movements to secure smooth running of motor actions [y particularmente en el TTRS] they might support general adjustment to the new motor requirements of the task via, for example, stimulus-response matching, response selection, and shifting between alternative response sets"* ⁹(Exner, C; 2002; pag.380).

Otros estudios que brindan evidencia a favor de que los ganglios de la base tienen como función la mejoría de los tiempos de reacción, fueron los realizados por Doyon y col. (1997), que planteó que tanto el cuerpo estriado como el cerebelo juegan un rol en la disminución de los tiempos de reacción independiente de la secuencia. A esta disminución se denominó fase de automatización. Para probar su hipótesis, Doyon empleó el paradigma de la doble tarea para medir la automatización. En el paradigma de la doble tarea, los sujetos realizan dos tareas en forma simultánea a fin de evaluar en qué medida una tarea interfiere en el rendimiento de la otra o si, acaso, son independientes entre sí. El estudio fue llevado a cabo en cuatro grupos de sujetos: los controles normales, los pacientes con lesiones frontales, los pacientes con lesiones cerebelosas y los pacientes con diagnóstico de síndrome de Parkinson. Los resultados evidenciaron que únicamente los pacientes con síndrome de Parkinson así como aquellos con lesiones en el cerebelo presentaron déficit en la realización de la segunda tarea, resultado que no se explica por dificultades en la realización de la tarea en si misma. Por lo tanto, Doyon concluyó que tanto el cuerpo estriado como el cerebelo son estructuras comprometidas en los pacientes que presentaron dificultades en la

⁹ "Cuando un movimiento es producido, imaginado o planificado, los ganglios de la base facilitan los movimientos requeridos para asegurar una fluida acción motora [y particularmente en el TTRS] respaldan el ajuste general de los nuevos requerimientos motores de la tarea, por ejemplo apareando el estímulo con la respuesta, seleccionando la respuesta y alternándola entre las diferentes respuestas" (la traducción es mía).

realización simultánea de las dos tareas, de modo que ambos juegan un rol en la fase de automatización del aprendizaje de una secuencia visomotora. Cabe destacar que estos estudios han sido recientemente corroborados por investigaciones con neuroimágenes (Floyer-Lea, 2004; Matthews, 2003), donde se observó la fase inicial del aprendizaje que requiere mayor demanda atencional asociada a la activación de regiones corticales incluyendo a la corteza prefrontal, la corteza sensoriomotora bilateral y la corteza parietal. En cambio, a medida que el rendimiento mejora y la actividad se torna más automática, los trabajos muestran que se incrementa la actividad en regiones motoras subcorticales, precisamente el cerebelo y los ganglios basales.

A partir de la hipótesis que adjudica al cerebelo y ganglios de la base un rol en la fase de automatización en el ASVM, Nixon y Passingham (2000) se centraron en investigar el rol del cerebelo en particular, durante el aprendizaje y la retención de una secuencia visomotora. El estudio fue llevado a cabo mediante una tarea basada en TTRS y con dos grupos de monos. A un grupo se le practicó una lesión cerebelosa, mientras que el otro grupo no fue operado. Ambos grupos evidenciaron un aprendizaje de la secuencia a lo largo de las sesiones, pero sólo el grupo de monos operados evidenció un aplanamiento de la curva del aprendizaje a lo largo de las sesiones, por lo que se concluyó que el aprendizaje de una secuencia es posible en caso de lesión cerebelosa, si bien el mismo no puede ser automatizado. Este estudio es consistente con la investigación de Doyon citada previamente que diferencia entre el aprendizaje de la secuencia y la automatización del aprendizaje, y en la que adjudica un rol al cerebelo y ganglios de la base en la automatización del aprendizaje. Por lo tanto, queda claro que el cerebelo jugaría un rol en la fase en que la secuencia se vuelve automática y los movimientos rápidos y coordinados. A su vez, este hallazgo es consistente con la visión clásica que adjudica al cerebelo la función de coordinación de los movimientos

Teniendo como punto de partida estos estudios, tanto Doyon como otros investigadores, buscaron diferenciar el rol de los ganglios de la base como y del cerebelo en el aprendizaje implícito. Los mismos Laforce y Doyon (2002) llevaron a cabo un trabajo en el cual compararon el rendimiento de cuatro grupos: los pacientes en estadios iniciales o avanzados de mal de Parkinson, otro grupo de pacientes con lesiones cerebelosas, un grupo de controles

normales jóvenes, y otro de controles normales mayores. El objetivo fue conocer cómo contribuye el cuerpo estriado y el cerebelo en el aprendizaje de una habilidad visomotora. La tarea escogida fue la copia en espejo de una serie de figuras complejas en dos condiciones: (1) "la practicada", donde las figuras estaban compuestas por la yuxtaposición de tres diseños simples que habían sido practicados previamente; y (2) "la mixta", donde el tercer diseño era reemplazado por un nuevo diseño que nunca había sido practicado. La hipótesis planteada por los autores era que el cuerpo estriado jugaría un rol más importante en la adaptación a un nuevo movimiento que el propio cerebelo. Los resultados fueron corroborados pues todos los grupos de pacientes exigieron un mayor tiempo para copiar las figuras practicadas en relación a los controles, si bien sólo el grupo de pacientes con mal de Parkinson avanzado mostró incrementos en los tiempos de copia en la condición mixta. A partir de dicho estudio, los autores concluyeron que el cuerpo estriado jugaría un rol fundamental en la adaptación a nuevas trayectorias. Asimismo, Monchi, O. y col. (2006), frente a la hipótesis de que el núcleo caudado está involucrado en la preparación de una nueva acción, diseñó una tarea que permitió la diferencia entre el cambio de set y la planificación de la acción. Mediante el uso de RMf, se comprobó la hipótesis en la que el núcleo caudado y el putamen son fundamentales en la planificación y ejecución de una nueva acción.

Siguiendo la línea de estudios que buscan diferenciar el rol de los ganglios de la base y el cerebelo, Jueptner & Weiller (1998) llevaron a cabo una investigación con el objetivo de comparar los roles de los ganglios basales y el cerebelo en el control de movimientos. En dicho estudio donde se realizó PET (Tomografía por emisión de los positrones), en controles normales se halló consistentemente con estudios anteriores, que tanto los ganglios de la base como el cerebelo se activaban cuando los sujetos mejoraban su rendimiento, pero que los ganglios de la base se activaban particularmente cuando los sujetos debían seleccionar movimientos. Por otro lado, no se producía activación alguna en los ganglios de la base cuando los movimientos eran optimizados usando feedback sensorial, ni cuando los movimientos eran realizados pasivamente. De tal forma, los resultados sugieren que el rol de los ganglios basales consiste en monitorear y seleccionar los movimientos

(eferente motor). Durante la misma investigación, cuando se aisló la selección de movimientos, no se observó activación cerebelosa. El cerebelo se activó cuando los movimientos eran optimizados usando feedback sensorial y la activación cerebelosa fue casi igual cuando los movimientos fueron realizados tanto activa como pasivamente. A partir de los presentes resultados, Jueptner & Weillner (1998) concluyeron que el rol del cerebelo durante el control de los movimientos es monitorear la salida (aferente sensorial), mientras que el de los ganglios de la base es seleccionar los movimientos (eferente motor).

En consonancia con este rol sensorial del cerebelo, se encolumnan los hallazgos de Frings y col. (2004). Al comparar un grupo de pacientes con lesiones cerebelosas y el grupo de control en el aprendizaje de secuencias auditivas y visuales (reduciendo a un mínimo la demanda motora), los investigadores no observaron diferencias en el aprendizaje de una secuencia entre ambos grupos. Es decir, al reducir la demanda motora, no se observaron diferencias entre pacientes con lesiones cerebelosas y controles normales en el aprendizaje de una secuencia. Lo mismo coincide con los estudios que evidenciaron que el desarrollo de algunas regiones cerebelosas específicas en algunas especies vertebradas y en mamíferos se corresponden con las necesidades especiales de estos grupos para el procesamiento sensorial de la información (Paulin, 1993).

Dentro del marco de sistemas de memoria, el tálamo ha sido relacionado con la formación de memorias explícita y no con el aprendizaje implícito. Sin embargo, los estudios con neuroimágenes han comenzado a asociar la activación talámica durante el aprendizaje de una habilidad motora (Rauch S.L. 1998). Frente a este descubrimiento se llevaron a cabo estudios (Exner, 2001) comparando pacientes con lesiones talámicas y el grupo de controles normales, haciendo uso del SRTT. El resultado halló déficits en el aprendizaje visomotor en los pacientes con lesiones en comparación con el grupo de control. A su vez, la investigación halló que los pacientes con mayores déficits eran aquellos con lesiones en el núcleo ventrolateral. Este núcleo está conectado con las áreas motora y premotora así como con los ganglios de la base y cerebelo. Pese a todo esto, es importante destacar que la función del tálamo en el ASVM es aún un dominio que requiere nuevas investigaciones.

Por otro lado, múltiples estudios con neuroimágenes y pacientes con lesiones han demostrado la importancia del cerebelo y los ganglios basales en el aprendizaje de una secuencia visomotora. Sin embargo, numerosas investigaciones demuestran también que la corteza juega un rol en dicho aprendizaje. En primer lugar, es fundamental mencionar el rol de la corteza motora primaria (Seltz y col., 1990) en la planificación y ejecución del movimiento, siendo indispensable su rol en la inervación de la médula espinal. A su vez, una investigación desarrollada por Karni y col. (1995), mediante la implementación de RMf, también demostró que los sujetos, a quienes se les pidió que practicaran una secuencia de movimientos con sus dedos a lo largo de varias semanas, evidenciaron cambios en la activación de la corteza motora primaria con la práctica, dando cuenta de cierta función no sólo en el control motor sino en el aprendizaje. Por otro lado, la corteza motora suplementaria también jugaría un rol en el aprendizaje de una secuencia motora como parte de un engranaje que permite secuenciar una serie de movimientos y dentro de una red que incluiría a la corteza motora suplementaria (Deiber y col., 1999), al cuerpo estriado, al núcleo ventro lateral del tálamo y de nuevo al área motora suplementaria. Entre los estudios que adjudican a la corteza motora suplementaria un rol en el aprendizaje de una secuencia, se cita a continuación el trabajo realizado por Hikosaka (1999) en el que se utilizó una tarea adaptada para que un mono pudiera aprender una serie de secuencias y mediante la administración de muscimol, un agonista gabaérgico. En dicha prueba, se evidenció cómo la corteza motora pre-suplementaria localizada por delante de la corteza motora suplementaria propiamente dicha permitía diferenciar las secuencias conocidas de las desconocidas, mostrándose silenciosa cuando el mono realizaba secuencias aprendidas y estando muy activa frente a secuencias nuevas.

La corteza premotora (Petrides, 1985) y el lóbulo parietal (Sakamoto y col., 1989; Willingham y col., 2002) también juegan un rol significativo en el aprendizaje de una secuencia. La corteza parietal superior y la corteza premotora permitirían la integración perceptivo motora (Willingham, 1998) requerida para guiar visualmente los movimientos, siendo la corteza parietal superior la encargada de guiar visualmente el movimiento y la corteza premotora la responsable de la precisión espacial de los movimientos. Gómez

Beldarrian y col. (2002) también adjudicaron a la corteza parietal superior un rol en el aprendizaje de la relación entre la pista visual y la respuesta motora. Más adelante, Willingham y col. (2002) fueron más lejos y disociaron la función de la corteza parietal superior e inferior. Previamente se había adjudicado a la corteza parietal el rol de atender a la localización espacial de los estímulos. En la prueba, se presentó a controles normales unas secuencias implícitas y secuencias aprendidas en forma explícita previamente y se midió mediante RMf la activación. Como resultado, se halló que la corteza parietal clásicamente asociada a la atención visual se requiere para dirigir la atención hacia el lugar en que externamente aparecerá el estímulo, ya que se activó la corteza parietal inferior cuando el sujeto desconocía dónde aparecería el próximo estímulo. En cambio, la corteza parietal superior se activó en la condición explícita, evidenciando cumplir un rol cuando la atención es dirigida conscientemente a un determinado lugar.

Siguiendo la línea de estudios que buscan descubrir el rol de las diferentes estructuras implicadas en el aprendizaje implícito durante la realización del TTRS, se buscó distinguir el substrato neuroanatómico de la codificación de aquel otro requerido para producirse un cambio en el rendimiento de la tarea. Esta necesidad de diferenciación surge del hecho de que no ha sido claro si las áreas encargadas de efectuar el movimiento participan en el aprendizaje también o si, por el contrario, son simples moduladores del cambio en el movimiento. Hasta el momento, el aprendizaje es siempre inferido de un cambio en el rendimiento de la tarea. Frente a esta falta de diferenciación entre la codificación y el cambio en el rendimiento de la tarea, Frensch (1998) desarrolló un paradigma en el que se buscó una aparente inhibición del aprendizaje implícito. Mediante la utilización de distractores que disocian el aprendizaje propiamente dicho del cambio en el rendimiento de la tarea, el objetivo fue disociar el aprendizaje motor de su expresión propiamente dicha. Seidler (2005) escogió este paradigma y, usando distractores visuales, logró diferenciar el aprendizaje de la tarea del rendimiento en controles normales, a los que a su vez se les realizó una RMf. En consecuencia, los resultados permitieron no sólo distinguir tres procesos en el aprendizaje de una secuencia, sino también diferenciar una red neural propia

en cada uno de ellos. Por la importancia de dicho hallazgo, se describirá en detalle a continuación.

El primer proceso fue denominado "codificación inicial" y se evidenció en un incremento de activación al presentarse una secuencia a diferencia de los bloques aleatorios. Dicho incremento disminuyó cuando la secuencia se repetía. El segundo proceso se denominó "aprendizaje final" y mostró un incremento de actividad a medida que la secuencia se repetía. Finalmente, se concluyó con un proceso que se describió como "expresión del aprendizaje". Durante la fase inicial del aprendizaje, se activó la corteza motora, el cíngulo caudal y la circunvolución temporal medial. Dichas activaciones fueron interpretadas como requeridas para la rápida re-organización funcional de los movimientos durante un aprendizaje inicial y frente a representaciones tanto perceptuales como motoras. Durante el aprendizaje final, se activó el cíngulo anterior derecho, la circunvolución temporal superior derecha y la corteza occipital. En base a estudios previos, que evidenciaron la activación del cíngulo anterior derecho en tareas en que los estímulos violaban patrones repetitivos, la activación del mismo en la denominada fase final fue interpretada como responsable de monitorear las respuestas dadas. En cambio, la activación temporal se pensó que jugaría un rol durante el aprendizaje en el que se predeciría un cambio en el ambiente, por lo que se activaría durante la fase de aprendizaje y disminuiría cuando la mayor parte del aprendizaje ya se hubiera producido. Por último, durante la expresión de dicho aprendizaje, se activó la corteza motora suplementaria. Este hallazgo fue consistente con los estudios que adjudicaban a dicha área un rol en la ejecución del TTRS y no en su aprendizaje (Hikosaka, 1999). Como conclusión, el estudio de Seidler permitió diferenciar entre aquellas regiones encargadas de contribuir a la codificación y aquellas otras encargadas de la expresión de dicho aprendizaje. Algunos ejemplos de dicha distinción son el área motora suplementaria, que parece estar únicamente encargada de la ejecución del aprendizaje del TTRS, o el lóbulo parietal inferior, que si bien se ha observado su participación en múltiples estudios de aprendizaje motor, parece participar en el aprendizaje de la secuencia aprendida de una forma no efectora, para ser luego traducida a una representación efectora de la corteza motora y el cíngulo.

Como ha sido expuesto hasta acá, las investigaciones más actuales que estudiaron las estructuras implicadas en el aprendizaje de una secuencia visomotora son consistentes respecto de la participación de los ganglios basales, el cerebelo, la corteza motora primaria, el área motora suplementaria, la corteza premotora y el lóbulo parietal. A su vez, todas estas estructuras presentan conexiones directas o indirectas con la corteza prefrontal, por lo que es altamente probable que la misma tenga un rol esencial en el aprendizaje de una secuencia visomotora. Sin embargo, los estudios con PET (Tomografía por emisión de positrones) arrojaron resultados contradictorios sobre su participación en el TTRS. Algunos evidenciaron la activación de la corteza prefrontal derecha solamente cuando los sujetos habían adquirido aprendizaje explícito de la tarea (Doyon, 1996; Hazeltine, 1997; Honda, 1998), mientras que, por el contrario, el estudio de Rauch y col. (1995) no evidenció activación alguna de la corteza prefrontal. Por otro lado, estudios como los de Gómez Beldarrian (1999) con pacientes con daño prefrontal demostraron cómo estos pacientes mostraban dificultad en aprender una secuencia motora compleja, dando evidencia de que la corteza prefrontal bilateral forma parte del circuito del aprendizaje de una secuencia. A su vez, a diferencia de estudios previos, la citada investigación de Gómez Beldarrian brinda evidencia a favor de la importancia de la corteza prefrontal en el aprendizaje implícito de la secuencia y no sólo del aprendizaje explícito de la misma. Lo mismo fue corroborado por una nueva investigación llevada a cabo por el mismo autor (Gómez Beldarrian, 2002) en la que el incremento de los tiempos de reacción entre el bloque que presentaba la última secuencia y el bloque aleatorio fue significativamente menor en el grupo de pacientes con daño prefrontal que en el grupo control, sugiriendo déficits en el aprendizaje implícito en el grupo de pacientes estudiados. A partir de todas estas investigaciones, se plantea ya no sólo la participación de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia, sino también su rol. Dado que se han realizado múltiples estudios tanto con controles normales como con pacientes con lesiones frontales en pos de conocer la función de la corteza prefrontal en la realización del TTRS, se realizará a continuación un breve resumen sobre los mismos que se ampliará en el capítulo cuarto de este trabajo.

A partir de los primeras investigaciones realizadas por Pascual Leone y col. (1996) con estimulación magnética transcraneana en controles normales durante la realización del TTRS, se plantea la hipótesis de que la corteza prefrontal es la encargada de integrar las contribuciones del cerebelo y los ganglios de la base en el aprendizaje de la tarea, ordenando temporalmente la secuencia e induciendo los cambios requeridos para el output motor. Esta hipótesis desafía el rol adjudicado a la corteza prefrontal como participe únicamente en el aprendizaje explícito de la secuencia. A su vez, más adelante y luego de comparar el rendimiento de los pacientes con lesiones frontales realizando el TTRS y otras tareas de aprendizaje implícito, pero que no requieren del aprendizaje de una secuencia, Gómez Beldarrian (2002) se preguntó sobre las diferentes regiones de la corteza prefrontal que tendrían distintos roles en el aprendizaje, siendo la región dorsolateral de la corteza prefrontal la responsable del análisis secuencial durante el aprendizaje implícito. Asimismo, recientes investigaciones llevadas a cabo por Robertson (2001) a partir de un particular diseño del TTRS en el cual emplea una secuencia formada por cuatro colores, se concluye que el rol de la corteza prefrontal dorsolateral en el aprendizaje de una secuencia visomotora estaría relacionado únicamente con el procesamiento espacial de los estímulos. La conclusión a la que arriba Robertson a partir de los resultados obtenidos en su novedoso TTRS contradicen teorías anteriores, entre ellas la de Gómez Beldarrian, que asignaba a la corteza prefrontal la función de procesar información secuencial más allá de la modalidad.

Dentro de los estudios que intentan explicar el rol de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia, Willingham (2002) brinda nueva evidencia que contradice también la teoría de que la corteza prefrontal se activaría únicamente durante el aprendizaje explícito de la secuencia. Willingham (2002) propone una novedosa adaptación del TTRS: aparecen dos grupos de asteriscos en la pantalla (negros y rojos), se le informa al sujeto que los rojos siguen una secuencia – condición explícita – y los negros no, si bien en ocasiones los asteriscos negros sí siguen secuencia – condición implícita. Con esta prueba y mediante el uso RMf, se halló que la corteza prefrontal se activaba no sólo durante la condición explícita, sino también durante el aprendizaje implícito de la secuencia; y que la activación de la corteza

prefrontal dorsolateral izquierda aumentaba durante la condición explícita, disminuía en la aleatoria y presentaba un rango medio en la condición implícita. A partir de estos hallazgos, Willingham concluye que la corteza prefrontal jugaría un rol secundario durante el aprendizaje implícito, tal vez no aprendiendo la secuencia, sino conduciendo a la toma de conciencia de la misma.

Recapitulando todo lo expuesto, es claro que múltiples investigaciones se han abocado a estudiar la red neural encargada del aprendizaje de una secuencia visomotora y que los resultados han sido concluyentes en cuanto a las estructuras que participan. Sin embargo, todavía queda mucho por conocer en lo que respecta al rol de cada una de ellas en un proceso que involucra un input visoespacial, un output motor, una integración visomotora, un aprendizaje implícito de una secuencia, una automatización de la tarea y una posible toma de conciencia. Para concluir, podemos citar un trabajo actual de Floyer-Lea y col. (2004) mediante RMf, en el que resume el cambio de redes neurales que se producen en el control visomotor de una habilidad que requiere habilidad visomotora. En un inicio, donde la actividad requiere mayor demanda atencional y se encuentra en fase de aprendizaje, se producen una mayor activación de la corteza prefrontal, sensoriomotora bilateral y parietal. Con el transcurso del tiempo, a medida que la actividad se va tornando más automática, disminuye la actividad en estas regiones y se incrementa en el cerebelo, tálamo y putamen. Los resultados indicarían que una primera fase de aprendizaje incluye mayor actividad cortical y una segunda fase, donde la tarea se vuelve más automática, mayor actividad subcortical.

Desarrollo de las estructuras neuroanatómicas implicadas en el aprendizaje de una secuencia visomotora

Teniendo en cuenta que la presente investigación se centrará en el desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora compleja en niños en edad escolar, es importante conocer los cambios que se producen durante los primeros años de vida en las estructuras implicadas.

Siguiendo la línea de trabajo de Webb y col. (2001), podemos resumir que el desarrollo se caracteriza por dos grandes períodos de organización. El

primero se inicia con la concepción e incluye la neurogénesis, la proliferación, la migración y la diferenciación. Se ha propuesto que estos eventos se encuentran controlados por factores genéticos, tales como la actividad neuronal espontánea y los epigenéticos; y dan origen a las estructuras neurales susceptibles a la influencia externa. El segundo período se trata de un tiempo de reorganización de la corteza. Este periodo se caracteriza por el crecimiento dendrítico y axonal, la producción sináptica, la poda neuronal y sináptica y los cambios en la sensibilidad de los neurotransmisores. A pesar de que en un inicio estos eventos se producen frente a la influencia de factores endógenos, más adelante este período de maduración es influenciado por señales exógenas. Estos eventos ocurren durante la gestación y continúan después del nacimiento, seguramente hasta la segunda década de la vida. Por lo tanto a continuación, se realizará una revisión de la ontogenia posnatal de los eventos producidos durante este segundo período organizacional: el desarrollo axonal y dendrítico, la sinaptogénesis, la poda, la neurotransmisión, la mielinización y el crecimiento cerebral así como también el desarrollo de los circuitos corticales.

El desarrollo axonal y dendrítico, que se inicia una vez que las neuronas han migrado a su lugar definitivo, comienza alrededor de la semana 15 de gestación y se continúa hasta los 24 meses posnatales en algunas regiones corticales. Tal como señala Webb y col. (2001), los axones y dendritas son sobre-producidos durante un primer periodo, para luego alcanzar un número definitivo a través de un proceso de eliminación competitiva. La sobreproducción de axones y dendritas también produce una sobreproducción de sinapsis. De hecho, el segundo evento producido durante el segundo período, la sinaptogénesis, se inicia alrededor de la semana 23 de gestación y alcanza su pico durante el primer año de vida. No obstante ello, hay variaciones en los mayores periodos de sinaptogénesis en las diferentes regiones de la corteza. Hunttenlocher y col. (1987) compararon la sinaptogénesis de la corteza visual y la frontal, presentando la primera el mayor incremento entre los dos meses y medio y los ocho meses posnatales, y variando el máximo de densidad sináptica según la capa. Mientras que en la corteza frontal, la primera sinapsis se produce durante la semana 27 de gestación y adquiere la mayor densidad sináptica alrededor de los 15 meses posnatales; en cambio la circunvolución frontal media implicada en el

pensamiento abstracto y razonamiento alcanza el mayor número de sinapsis alrededor de los tres años y medio. Dado que la sinaptogénesis ocurre al mismo tiempo que los procesos de desarrollo axonal y dendrítico y la mielinización, es complejo determinar su significancia funcional. Sin embargo, las investigaciones realizadas en monos rhesus evidencian que habría una relación entre la densidad cortical de las sinapsis y la emergencia de las funciones visual, somatosensitiva, motora, límbica y asociativa.

La tercera fase de este período se ha denominado poda pues se refiere a una disminución del número de sinapsis en ausencia de muerte celular. La poda sigue a un período de rápida sinaptogénesis durante la infancia y estabilidad durante la niñez, en donde los valores son aun superiores a los de la adultez. La eliminación del número de sinapsis se inicia durante la fase final de la niñez y adolescencia. De hecho, el pico de sinapsis se produce durante la niñez y se reduce en un 40% en la adultez. Con respecto a la neurotransmisión, no sólo el sistema es complejo, sino que a su vez varía según los neurotransmisores, por lo que no se entrará en más detalles. La mielinización, otro de los eventos producidos durante el segundo período de organización, consta de tres fases. La primera, donde las células gliales acumulan lípidos de mielina. La segunda, cuando la mielina puede verse mediante un microscopio, y por último la mielina puede ser vista sin necesidad de lente de aumento. No obstante lo dicho, estos cambios no se producen linealmente, es decir el paso entre la primera y segunda fase puede ser rápido, mientras que entre la segunda y tercera puede tomar hasta años. A su vez, el ritmo de maduración varía según la vía. Las vías visuales comienzan su maduración con el nacimiento para llegar a su madurez a los nueve meses. La maduración de las vías corticoespinales (sistema motor) alcanzan su maduración entre el primer y segundo año de vida, que se correlaciona con los logros en las funciones neuromusculares; mientras que la región subicular muestra un progresivo incremento de la mielina desde el nacimiento hasta los cuarenta años a través de localizaciones laterales del presubiculum y el parasubiculum.

En relación al crecimiento cerebral total, el volumen cerebral es determinado por el número, tamaño y densidad de las neuronas, las células gliales así como el número y la densidad de las dendritas y los axones. De hecho, los incrementos en la sustancia gris reflejan crecimiento de las

neuronas, arborización, sinaptogénesis y proliferación; mientras que una disminución de la sustancia gris refleja el proceso de poda y la eliminación neuronal normal que se produce durante la niñez. Por otro lado, la sustancia blanca aumenta a lo largo del desarrollo y continúa incrementándose a lo largo de la niñez. La corteza parietal y la corteza frontal dorsal muestran a su vez aumentos de sustancia blanca a lo largo de la adolescencia.

Por lo tanto, como señala Fuster (2002), la maduración de la sustancia gris presenta un ritmo diferente al de la maduración de la sustancia blanca. La sustancia gris prefrontal incrementa su volumen después del nacimiento, hasta alcanzar su máximo volumen entre los cuatro y doce años de edad para decrecer posteriormente. El incremento en sustancia gris ocurre concomitantemente con la reducción del 40 % de la densidad sináptica. En cambio, el volumen de la sustancia blanca prefrontal se incrementa durante la niñez y la adolescencia e incluso entrada la adultez. De hecho, el incremento de la sustancia blanca sigue un orden como se ejemplificó previamente, empezando por las áreas sensoriales primarias, continuando con las áreas de asociación, siendo la corteza prefrontal la última en madurar. Por lo mismo, Gibson postuló (1991) que el desarrollo cognitivo del niño está relacionado con el desarrollo de la mielina. Sin embargo, actualmente se considera a la mielinización tan sólo como uno de los índices de maduración cortical puesto que la prolongación de los axones y la arborización de las dendritas también lo son.

A pesar de que la mayoría de los estudios sobre el desarrollo se han focalizado en el desarrollo perinatal y en la primera infancia, principalmente porque los mayores cambios en la maduración ocurren durante este período, se han comenzado a desarrollar investigaciones centradas en los cambios en el desarrollo que se producen después de los siete años. Yakovlev (1967), a través de estudios pos mortem, trabajó con los cambios en la mielinización de la corteza frontal y parietal hasta la tercera década de la vida. Estudios más recientes (Sowell, 2001) realizados con RMf evidenciaron también cambios estructurales durante la segunda infancia (a partir de los siete años). Entre ellos, se ha visto una disminución de la sustancia gris junto con el incremento de la sustancia blanca que se refleja en un aumento del 9,5% del volumen cerebral total, si se compara el volumen cerebral entre los participantes más

jóvenes (siete años) y los de mayor edad (catorce años), incremento del volumen cerebeloso total semejante al cerebral e incremento del 100% del líquido céfalo raquídeo. En relación a las estructuras subcorticales, los cambios evidenciados sugieren la falta de especificidad en las reducciones volumétricas observadas en este grupo de edad. No obstante ello, si bien los ganglios de la base alcanzan el pico de maduración durante el primer año de vida, nuevas investigaciones centradas en el desarrollo de estas estructuras brindan evidencia de que los ganglios de la base atraviesan cambios en paralelo a los cambios en las regiones frontales.

Haciendo un análisis más detallado de los lóbulos cerebrales, Sowell también concluyó que los cambios más significativos tanto en la sustancia gris como en la blanca fueron producidos en los lóbulos frontal y parietal, mientras que los menos se dieron en el temporal. De hecho, en la revisión realizada por Romine & Reynolds (2005), se destaca que, si bien los cambios más significativos tanto de la estructura como de la función se producen en la primera infancia y la madurez morfológica de la corteza prefrontal se alcanza en la pubertad, los cambios cuantitativos y cualitativos de la misma continúan hasta pasada la adolescencia.

Si bien no tan dramáticos como los cambios en la maduración producidos en la primera infancia, ha quedado evidenciado que los cambios que se producen en la segunda infancia y adolescencia existen y, de hecho, producen mejoría en las habilidades cognitivas. Ahora bien, la pregunta que surge es si acaso ellos influyen en el aprendizaje de una secuencia visomotora y, en caso de hacerlo, el planteo sería el cómo y en qué medida. A su vez, conociendo que el cerebelo y los ganglios basales presentan su pico de maduración en los primeros años de vida (Otfried, 1995; Thomas & Nelson, 2002; Donkelaar, 2003) y las estructuras prefrontales continúan su maduración ya entrada la adolescencia (Reynolds, 1997) surge la pregunta si acaso las discrepancias en el ritmo de maduración de las estructuras implicadas inciden sobre las diferencias en el aprendizaje de una secuencia visomotora. En otras palabras, estos roles y sus tiempos de maduración ¿conducen a diferencias en la adquisición de una secuencia visomotora? La respuesta a estas preguntas sólo puede ser dada mediante estudios con RMf en niños. Hasta la fecha, el único estudio realizado que conjuga tanto el TTRS como RMf fue realizado por

Thomas y col. (2004). En el mismo, como ya se describió previamente, se hallaron diferencias tanto en la celeridad como en la precisión en que se alcanzaba el aprendizaje implícito entre niños y adultos.

A su vez, el estudio de Thomas y col. en cuanto a las correlaciones neuroanatómicas, planteó que ambos grupos presentarían diferente actividad córtico estriada debido a los continuos cambios funcionales y estructurales durante la niñez y la adolescencia. Tal como se anticipó, se pudo observar diferente actividad cortical en la corteza premotora, el hipocampo, la corteza temporal y parietal. Los niños claramente presentaron mayor actividad subcortical de estructuras motoras (particularmente el putamen). En cambio, los adultos mostraron mayor actividad cortical de la corteza motora, sugiriendo un cambio de activación de estructuras subcorticales a estructuras corticales de la niñez a la adultez durante la realización del TTRS. A su vez, los adultos también presentaron sorprendentemente mayor actividad parahipocámpica que los niños, si bien los niños que alcanzaban tiempos de reacción semejantes a los de los adultos lograban una activación parahipocámpica equivalente, sugiriendo que la región tèmpero-medial inferior se relaciona con la eficacia y rapidez de asociación entre estímulo y respuesta. Otra diferencia en la activación entre niños y adultos se presentó al comparar la activación entre los bloques aleatorios y los bloques con la secuencia, de modo que los adultos mostraron mayor actividad parietal durante los bloques aleatorios. Teniendo en cuenta la importancia de la corteza parietal en la atención visual, el predecir la posición del próximo estímulo disminuiría la demanda atencional, resultando en menor actividad de la corteza parietal. Por último, también se observaron diferencias en la activación del hipocampo derecho; los adultos mostraron mayor activación durante los bloques con una secuencia determinada, mientras que los niños presentaron un patrón inverso, o sea la mayor activación durante los bloques aleatorios. La hipótesis presentada por Thomas frente a este hallazgo sugiere que las diferencias en la maduración del hipocampo se evidenciarían durante la asociación estímulo-respuesta.

Las observaciones y conclusiones de la investigación de Thomas (2004) resultan valiosas, no sólo en función de sí mismas, sino también porque permiten empezar a dar respuestas a la pregunta sobre cómo las discrepancias en el ritmo de maduración de las estructuras implicadas inciden sobre las

diferencias en el aprendizaje de una secuencia visomotora. A la vez, ella permiten preguntarse si los cambios de las estructuras neuroanatómicas que juegan un rol durante la realización del TTRS pueden reestructurar su rol frente a los cambios del desarrollo.

Hipótesis, Metodología y Resultados

Objetivos e Hipótesis

La disociación entre memoria explícita e implícita se encuentra respaldada desde los estudios con pacientes tanto con enfermedades degenerativas (ej: Parkinson vs. Alzheimer) como con pacientes con lesiones focales y, más recientemente, por los estudios realizados en neuroimágenes que evidencian diferentes estructuras neuroanatómicas y redes neuronales vinculadas a los dos sistemas de memoria descritos (explícito e implícito). No obstante todo el panorama ya detallado, sería fundamental para respaldar la disociación entre la memoria explícita e implícita estudiar la presencia de las diferencias en el desarrollo de las mismas. Sin embargo, el caudal bibliográfico sobre el desarrollo de la memoria implícita es escaso, más aún si se compara con la bibliografía existente sobre el desarrollo de la memoria explícita. Con el objetivo de limitar esta investigación y considerando que cada vez más evidencia sustenta la hipótesis de que la memoria implícita no se trata de un sistema único, este trabajo se focalizó únicamente en una de las formas de aprendizaje implícito: el aprendizaje de una secuencia visomotora. De esta manera, se planteó como objetivo lo siguiente:

Conocer y comparar, en dos grupos de niños/as de diferentes edades cómo se produce el aprendizaje de una secuencia visomotora.

A partir de este primer objetivo, fueron formuladas las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis I:** *Los tiempos de reacción del grupo de niños menores será mayor que los tiempos de reacción del grupo de niños mayores.*

La hipótesis se desprende no sólo de las investigaciones que evidencian claras diferencias en el desarrollo de la motricidad fina y de los tiempos de reacción en niños normales (Denckla, 1974), sino también de los estudios

sobre el desarrollo de la memoria implícita ya descriptos (Thomas & Nelson, 2001).

- Hipótesis II: *Ambos grupos de edad presentarán una paulatina disminución de los tiempos de reacción a lo largo de los bloques, más allá de que los estímulos se sucedan en forma aleatoria o secuencial (fase de automatización de la tarea).*

La presente hipótesis es formulada a partir de las conclusiones presentadas por Floyer-Lea (2004) que adjudican a las regiones corticales, tales como la corteza prefrontal, la sensoriomotora bilateral y la corteza parietal, la fase que requiere mayor demanda atencional, por un lado, y a las regiones subcorticales como el cerebelo y los ganglios basales, la fase más automática de la tarea. Por otro lado, se sustenta en los estudios de desarrollo que concluyen que el cerebelo y los ganglios basales finalizan su maduración en los primeros años de vida (Otfried, 1995; Thomas y Nelson, 2002; Donkelaar, 2003) y las estructuras prefrontales continúan su maduración ya entrada la adolescencia (Reynold, 1997). Por lo tanto, si las estructuras implicadas en la fase de automatización finalizan su maduración antes de las implicadas en la fase que requiere mayor demanda atencional, se plantea la hipótesis de que ambos grupos de edad presentarán una mejoría en los tiempos de reacción pues las estructuras involucradas en dicha fase del aprendizaje ya finalizaron su proceso de maduración.

- Hipótesis III: *Ambos grupos de edad evidenciarán el aprendizaje de una secuencia visomotora medido a través de la diferencia entre los tiempos de reacción entre bloques aleatorios y los bloques con una secuencia.*

Esta hipótesis se desprende las investigaciones como las de Meulemans (1998) y Thomas & Nelson (2001), que ya han realizado estudios sobre el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños en edad escolar y concluyeron que la maduración de la misma se producía temprano en el desarrollo, conduciendo a un aprendizaje implícito de la secuencia.

- Hipótesis IV: *Ambos grupos no presentarán diferencias entre sí en el ritmo de adquisición de una secuencia visomotora, medido a través de los tiempos de reacción entre bloques aleatorios y bloques con una secuencia.*

Las investigaciones de Meulemans (1998) y Thomas & Nelson (2001) han comparado el rendimiento en el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños de diferentes edades a través de los tiempos de reacción, no evidenciando diferencias significativas en el aprendizaje de la secuencia entre las diferentes edades.

- Hipótesis V: *La adquisición del aprendizaje de la secuencia visomotora, medida a través de la disminución del número de errores, se evidenciará en la disminución del mismo a medida que la secuencia se repita.*

Clásicamente los estudios realizados sobre el aprendizaje de una secuencia visomotora ya toman como indicadores de aprendizaje, no únicamente el incremento de los tiempos de reacción en las series aleatorias en relación a aquellas que presentan una secuencia, sino también la disminución en el número de errores, por lo que se deduce que si los niños evaluados aprenden la secuencia, el número de errores será menor.

- Hipótesis VI: *No habrá diferencia significativa en el número de errores entre los dos grupos estudiados.*

Meulenman (1989) y Thomas & Nelson (2001), que estudiaron el desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora y que tomaron como un indicador de aprendizaje el incremento del número de errores en las series aleatorias en comparación con las que presentaban una secuencia, ya indicaron que este patrón se producía en niños de seis años en adelante. Cabe recordar que en la publicación de Thomas (2004) la precisión, medida a través del número de errores, fue menor en los niños que en los adultos. A su vez, en el estudio de Thomas & Nelson (2001) se observó un incremento en el número

de errores a medida que se sucedían los bloques en el grupo de los niños de cuatro años, lo que se adjudicó al cansancio.

Población-Muestra

Con el objetivo de evaluar el ritmo de desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora en niños en edad escolar, se decidió elegir dos grupos de edad. Los mismos fueron escogidos teniendo en cuenta que el rendimiento en tests que evalúan la memoria explícita presenta un claro incremento entre los ocho y doce años de edad (McCarthy, 1972). Por consiguiente, se optó por escoger un grupo entre siete y ocho años que conformaría el grupo de los menores o grupo 1, y un grupo de entre once y doce años que representarían el grupo de los mayores o grupo 2. A su vez, dado que no existen publicaciones que comparen el desarrollo del aprendizaje de una secuencia visomotora por género, se buscó que cada grupo contara con una cantidad semejante de niños y niñas.

Los sujetos evaluados fueron 20 familiares de conocidos de la doctoranda y 40 niños elegidos de un colegio primario de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los 40 niños del colegio primario participaron previa firma de un consentimiento por parte de sus padres (Anexo I). El colegio que participó de la investigación es un colegio privado localizado en el centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires al que acuden niños pertenecientes a familias de clase media, en su mayor parte de padres profesionales. Los 20 niños, familiares de conocidos de la doctoranda, también pertenecen a la clase media y concurren a escuelas privadas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires o del Gran Buenos Aires. En ambos casos, se informó a los padres de los niños que se trataba de un proyecto de investigación científica para una tesis doctoral y que la identidad del niño quedaría preservada.

Todos los niños fueron evaluados en espacios libres de distractores y mediante una computadora portátil (Notebook Plus 4000 Series Hitachi). Al iniciarse la evaluación, se le agradecía al niño su presencia y se le explicaba que iba a contestar una serie de preguntas y a realizar un juego con la computadora. La evaluación siempre se iniciaba con la administración de dos subtests de exploración y a aquellos niños que cumplían con los criterios de

inclusión se les administraban los subtests restantes. Todos los niños se mostraron dispuestos a participar y al finalizar la evaluación recibieron una golosina como premio por su colaboración. A su vez, para evitar que el factor cansancio incidiese sobre la evaluación, la administración de los tests se realizó con un recreo intermedio o bien en dos días consecutivos.

El tamaño de la muestra fue seleccionado en función de que los resultados fuesen válidos, es decir que a partir de los valores estadísticos hallados en la muestra se pudiesen inferir los valores paramétricos más probables para la población. La población en este caso fue de niños/as de siete, ocho, once y doce años, residentes en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en el conurbano bonaerense, pertenecientes a la clase media. Inicialmente, la muestra constaría de 60 niños en total distribuidos en dos grupos, el grupo de menores y el grupo de mayores y con un igual porcentaje de participantes por género.

Criterios de inclusión: Niños/as de siete, ocho, once y doce años de edad que asistan a escuelas privadas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y del conurbano bonaerense; que hayan obtenido un puntaje escalar de 7 o más en los subtests de Vocabulario y Construcción con cubos del WISC III R (Escala de Inteligencia en niños). Es decir un puntaje escalar que no fuese inferior a - 2 desvíos estándar de la media.

Criterios de exclusión: Niños con historia de patología neurológica o psiquiátrica, lesiones cerebrales, repitentes o niños/as con un puntaje escalar de 7 o menos en los dos subtests escogidos del WISC III-R (Escala de Inteligencia en niños). La historia de su desarrollo y la historia escolar fue evaluada a través de un cuestionario realizado a los padres (Anexo II) y se consideraron factores excluyentes de la muestra:

- a) Prematuros de menos de 32 semanas.
- b) Enfermedades de la madre durante el embarazo (tales como toxoplasmosis, rubéola, citomegalovirus, entre otras).
- c) Retrasos en el desarrollo. Fueron elegidos los siguientes puntos de corte:
 - primeros pasos: posterior a los 18 meses
 - primeras palabras: posterior a los 24 meses
 - control de esfínteres: posterior a los tres años

- d) Regresiones en el desarrollo.
- e) Dificultades visuales y/o auditivas sin posibilidad de compensación que puedan incidir en la realización de las tareas propuestas.
- f) Enfermedades, lesiones o cirugías que puedan generar daños en el sistema nervioso.
- g) Enfermedades psiquiátricas.
- h) Medicaciones que tengan acción sobre el sistema nervioso.
- i) Repitencia.
- j) Concurrencia a escuela de recuperación.

Los cuestionarios en los que figuraban enfermedades de la madre durante el embarazo, enfermedades, lesiones y hospitalizaciones del niño como medicaciones fueron revisados en conjunto con la asesoría profesional de un médico pediatra.

Sujetos

De los 64 cuestionarios completados, fueron seleccionados un total de 63 niños. Fue excluido de la muestra un niño con epilepsia temporal medial medicado con ácido valproico. Fueron evaluados un total de 63 niños, cuatro de los cuales no cumplieron con la condición de inclusión por haber obtenido un puntaje de siete o mayor en los dos subtests del WISC administrados, y, en consecuencia, la muestra se redujo a un total de 59 niños/as. En los Cuadros 2 y 3 se describen las características demográficas de la muestra así como las medias de los dos tests de exploración (Vocabulario y Cubos del WISC), en las que no se presentaron diferencias significativas entre ambos grupos evaluados.

Datos Demográficos

	Menores (Grupo 1)	Mayores (Grupo 2)	Total
Mujeres	15	16	31
Varones	15	13	28
Total	30	29	59

Medias de los subtests de Vocabulario y Construcción de Cubos del WISC

	Menores	Mayores	Total
--	---------	---------	-------

	(Grupo 1)	(Grupo 2)	
Vocabulario	12,20 (3,30)	11,58 (1,63)	11,89 (2,73)
Construcción con Cubos	12,16 (2,97)	11,69 (1,88)	11,96 (2,71)

Instrumentos

A continuación se describirán cada uno de los instrumentos de evaluación empleados, así como su función. Los instrumentos se dividen en dos fases: Fase Exploratoria y Fase de Evaluación del aprendizaje de una secuencia visomotora.

Fase Exploratoria

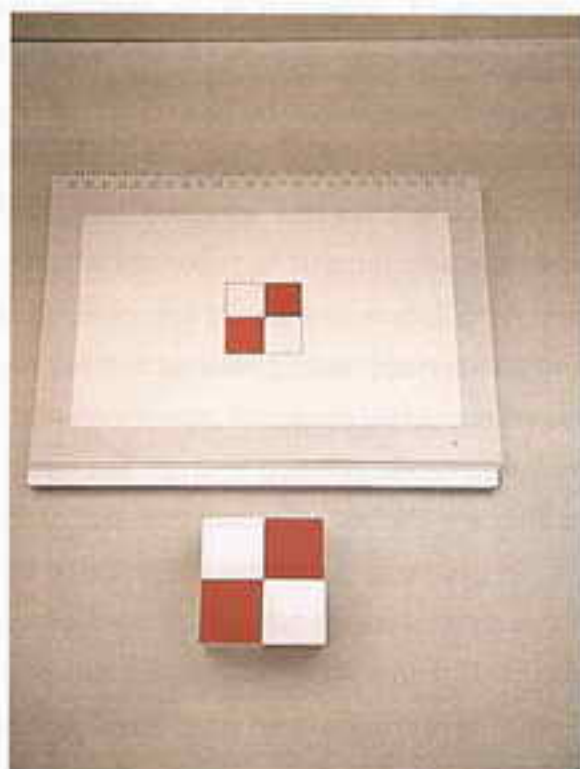
Como se especificó previamente, a fin de seguir los criterios de exclusión descriptos, se les administró a los padres un breve cuestionario (Anexo II) en el cual se les realizaba unas preguntas globales sobre la historia del desarrollo y la historia escolar de su hijo/a. El cuestionario estuvo basado en el cuestionario de admisión del Kennedy Krieger Institute. A su vez, a fin de excluir de la muestra a los niños con retraso mental, considerando retraso mental un cociente intelectual menor a 70 (DSM IV), fueron administrados dos subtests del WISC. Se eligieron los subtests de Vocabulario y Construcción con Cubos por ser los dos subtests con cargas particularmente elevadas (por encima del 0,70) de factor G (Kaufman, 1975) de la Escala Verbal y Ejecutiva respectivamente. El valor de corte de los puntajes equivalentes de los dos subtests escogidos del WISC fue 7, porque un valor inferior se encuentra por debajo de los -2 desvíos estándar de la media.

Subtests de Vocabulario de la Escala de Inteligencia de Wechsler– Tercera Edición (WISC III): En el subtest de Vocabulario, se le pide al sujeto que defina una serie de palabras ordenadas en orden de complejidad creciente. Sus respuestas son puntuadas según el grado de abstracción y generalización de la respuesta. El subtest es interrumpido después de cuatro fallas consecutivas y se inicia su administración con la siguiente consigna:

"Ahora te voy a decir algunas palabras. Escuchá atentamente y decime lo que significa cada una."

Subtests de Construcción con cubos de la Escala de Inteligencia de Wechsler-Tercera Edición (WISC III): Este subtest consta de nueve cubos con caras rojas, caras blancas y caras mitad rojas y mitad blancas, con las que el niño/a debe reproducir una serie de diseños bidimensionales de complejidad creciente (Dibujo N° 7). El test se interrumpe después de dos fallas consecutivas. La consigna que se le da al niño, se transcribe a continuación.

"¿Ves estos bloques? Son iguales. Algunas de las caras son rojas, algunas son blancas y otras mitad rojas y mitad blancas (se le muestra). Ahora voy a ponerlas juntas para hacer algo con ellos (se lo hace). Ahora juntá tus bloques como yo lo hice"



Dibujo N° 7

Por considerarse los dos subtests de exploración, estos dos subtests fueron los primeros en ser administrados y sólo luego de un puntaje escalar de siete o mayor, se pasó a administrar las siguientes pruebas.

Fase de Evaluación del Aprendizaje de una secuencia visomotora

Tareas de Tiempos de Reacción de una Secuencia (TTRS): A fin de evaluar el aprendizaje de una secuencia visomotora, se empleó el TTRS diseñado originalmente por Willingham (1989) y adaptado por Pascual – Leone.

Asimismo, se implementó una variación: en lugar de los espacios y asteriscos del diseño original, se usaron cuchas y perros para que la tarea fuese desde un inicio más atractiva para los pequeños. Los niños se sentaban enfrente de una computadora, en cuya pantalla aparecían cuatro dibujos de "cuchas de perros" situadas una al lado de la otra. A su vez, el dibujo de un perro aparecería en una de las cuatro cuchas (Dibujo 8). A cada cucha, le correspondía una tecla de la computadora (teclas C, V, B y N de izquierda a derecha). A los niños se les enseñaba que debían pulsar la tecla lo más rápidamente posible en el lugar donde se asomaba el estímulo, es decir el perro. El perro desaparecía de la pantalla cuando el niño pulsaba la tecla que correspondía al lugar de aparición de dicho estímulo y re-aparecería en un nuevo lugar. El estímulo no desaparecía de la pantalla hasta que la tecla no fuese pulsada. El siguiente estímulo aparecía 500 mseg. después. Los perritos podían aparecer en una secuencia predeterminada, formada por 10 estímulos que se repetían 10 veces consecutivas, lo que se denominó bloque secuencial, compuesto por un total de 100 estímulos. Los perritos también podían aparecer en uno u otro lugar sin ninguna secuencia predeterminada, formando un bloque aleatorio compuesto por un total de 100 estímulos. En toda ocasión, la computadora medía el tiempo entre el estímulo que aparecía en la pantalla y el niño que pulsaba una tecla. Este tiempo fue denominado tiempo de reacción.

En el modelo empleado por adultos las teclas eran pulsadas por los dedos índice, mayor, anular y meñique de una mano. Dado que estudios previos demostraron que los niños de siete años presentaban dificultad en disociar los dedos de una misma mano, (Meulemans, 1998; Thomas & Nelson, 2001), los niños/as presentaron libertad en el modo de usar los dedos de la

mano para pulsar las teclas. A los niños se les decía que debían atrapar el perrito lo más rápidamente posible, pulsando la tecla correspondiente a cada cucha.



Dibujo 8

A continuación se explicará cómo fue usado este instrumento para evaluar el aprendizaje de una secuencia visomotora compleja (Experimento I). La forma en que se usó el instrumento para medir cómo el aprendizaje explícito influye en el aprendizaje de una secuencia visomotora compleja (Experimento II) será descrito en el capítulo III de este trabajo.

Experimento I: Aprendizaje de una secuencia visomotora

Como se especificó previamente, el experimento fue realizado con una computadora portátil, que se trasladó a cada uno de los lugares de administración de la prueba. El experimento I constó de 5 bloques de 100 trials cada uno, pues cada bloque constó de 10 secuencias de 10 ítems cada una. El primer bloque fue considerado de práctica y se tuvo en cuenta únicamente con el fin de evaluar los tiempos de reacción por edad. En los bloques 2, 3 y 5, la secuencia de aparición del estímulo se hizo según una secuencia predeterminada (1342312431), mientras que en el bloque 1 como en el 4, la secuencia fue pseudoaleatoria (Cuadro 4). La pseudoaleatoriedad implica que no puede repetirse el estímulo (perro) en un mismo lugar (cucha) dos o más veces consecutivas, ni puede haber una secuencia tal como 1234 ni 4321. Tampoco puede repetirse una serie o secuencia de cuatro o más estímulos.

Bloque I	100 estímulos aleatorios
----------	--------------------------

Bloque II	secuencia de 10 estímulos (se repite 10 veces)
Bloque III	secuencia de 10 estímulos (se repite 10 veces)
Bloque IV	100 estímulos aleatorios
Bloque V	secuencia de 10 estímulos (se repite 10 veces)

Cuadro 4

A fin de evaluarles la memoria implícita a los niños, no se les informó que se repetiría la secuencia, y se les daba la siguiente consigna al inicio de la tarea:

"En la pantalla vas a ver cuatro cuchas de perros. Un perrito va a aparecer en alguna de estas cuchas, a veces en la primera, otras en la segunda, otras en la tercera o en la cuarta. Cuando el perrito aparezca, vos vas a tener que apretar lo más rápidamente posible la tecla correspondiente. Cuando el perrito aparezca en la primer cucha, vos apretás esta tecla (señalamiento); cuando aparezca en la segunda, en la tecla de al lado; cuando aparezca en la tercera, en esta; y cuando aparezca en la cuarta, en esta otra (señalamiento). Si te equivocás, el perrito no se va a ir hasta que aprietes la tecla correcta. Acordate que tenés que contestar lo más rápidamente posible, pero trata de cometer la menor cantidad de errores que puedas."

El aprendizaje de la secuencia visomotora fue evaluado a través de dos variables. La primera, el progresivo acortamiento de los tiempos de respuesta entre los bloques 2, 3 y 5 y un incremento del tiempo de reacción en el bloque 4. La segunda, el incremento en el número de errores en la serie aleatoria. Cada niño obtuvo un breve descanso de 1 minuto después de cada 100 trials. Al final del Experimento I, a los sujetos se les preguntaba si los estímulos aparecieron aleatoriamente o siguiendo una determinada secuencia. Si consideraban que seguían una determinada secuencia, se les pedía que la reproduzcan. La consigna de esta segunda parte del Experimento I fue la siguiente:

"Me gustaría saber si te pareció que el perrito aparecía siempre en un misma secuencia u orden, es decir siempre en una cucha, después en otra y en otra, o aparecía en cualquier lado, sin seguir ningún orden."

Tal como Nissen y Bullemer especificaron, se consideraba que habían adquirido conocimiento explícito, si eran capaces de reproducir al menos cuatro componentes de la secuencia correctamente. La pregunta realizada al final del Experimento I permitió evaluar si el posible aprendizaje evidenciado era fruto del aprendizaje implícito o si, a través de la práctica, los niños habían logrado hacerlo asequible a la conciencia.

Resultados

El tiempo de respuesta en el TTRS se definió como el intervalo entre el momento en que aparece el estímulo y el tiempo en que el niño pulsa la tecla, sin tener en cuenta si la respuesta era correcta o incorrecta. El criterio elegido es el mismo escogido por Robertson y col. (2001). Por otro lado, el índice de errores fue dado por el número de respuestas incorrectas que requerían corrección. El tiempo utilizado para la corrección no fue estudiado.

En el Experimento I, se calculó, por cada set de 10 trials de cada participante, la mediana de los tiempos de reacción, obteniéndose de esta manera 10 medianas por bloque, es decir un total de 50 medianas a lo largo de los 500 trials. Las medianas excluyeron cualquier respuesta dada antes de la aparición del estímulo y los tiempos de respuesta superiores a los diez segundos. Fue elegida para el análisis estadístico la mediana en lugar de media, para evitar que las respuestas perseverativas, impulsivas y otras variables que pudieran interrumpir momentáneamente la tarea (por ejemplo el que entre alguien a la sala de evaluación) influyeran sobre el puntaje a analizar. Luego, la media de las medianas se calculó para cada bloque. Es decir, se obtuvo un total de cinco medias por cada sujeto, con lo que se siguió el criterio escogido por Thomas & Nelson (2001). A su vez, el número de errores se calculó sumando la cantidad de equivocaciones por bloque. Lo mismo arrojó un total de cinco puntajes de número de errores (uno por bloque). Estos fueron los

puntajes escogidos para proceder a realizar los análisis estadísticos que se describen a continuación.

Con el objetivo de conocer y comparar en dos grupos de niños/as de diferentes edades cómo se produce el aprendizaje de una secuencia visomotora, se realizó un análisis estadístico de varianza bidireccional ANOVA (grupo(2) x bloque (5)) sobre el tiempo de respuesta, prefijándose un nivel de significancia estadística de .05. Los resultados indicaron que los tiempos de reacción de los niños menores (grupo 1) eran mayores a los del grupo de niños mayores (grupo 2) ($F(1,57)=54,18;p<.0000$), tal como lo evidenciaron estudios previos (Thomas & Nelson, 2001) y se había previsto (Hipótesis I). A su vez, ambos grupos también presentaron una paulatina disminución de los tiempos de reacción ($F(4,22) = 8,97;p<.0000$), lo que implica que tanto el grupo de los menores (Grupo 1) como el de los mayores (Grupo 2) mejoraban los tiempos de reacción a medida que el TTRS se prolongaba en el tiempo (Gráfico 1). Es decir, ambos grupos lograron una automatización de la tarea, apareando cada vez con mayor rapidez el estímulo visual con la respuesta motora. Estos resultados corroboran la hipótesis II que planteaba una paulatina disminución de los tiempos de reacción a lo largo de los bloques más allá de que los estímulos se sucediesen en forma aleatoria o secuencial.

Por otro lado, el ritmo de aprendizaje de una secuencia visomotora entre ambos grupos fue evaluado a través de la interacción bloque x grupo ($F(4,228)=.96;p<.4313$), no evidenciado diferencia entre el grupo de niños de 7 y 8 años y el grupo de niños de 11 y 12 años (Gráfico 2). Lo mismo respalda no sólo la Hipótesis IV que plantea que el ritmo de adquisición de una secuencia visomotora medido a través de los tiempos de reacción no presentaría diferencia significativa entre los dos grupos, sino también las investigaciones de Meulemans (1998) y Thomas & Nelson (2001), quienes tampoco hallaron diferencias significativas en los niños en edad escolar en el ritmo de aprendizaje de una secuencia visomotora.

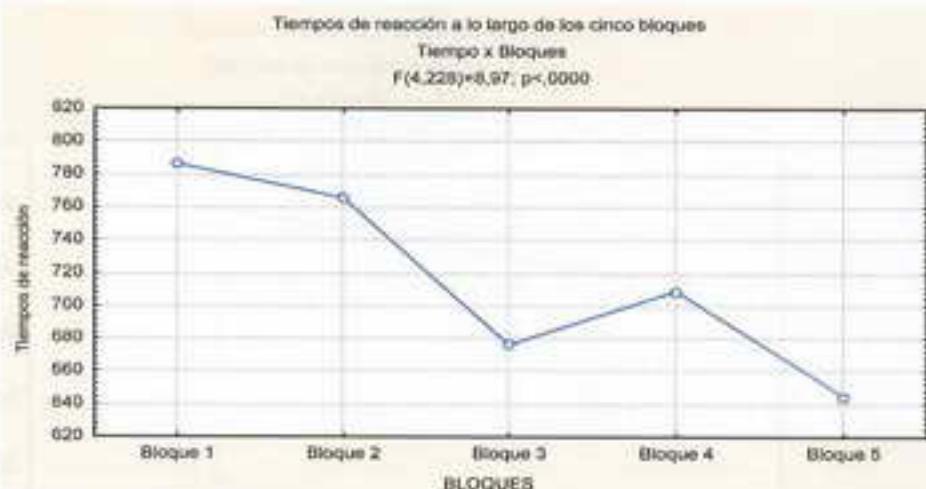


Gráfico 1

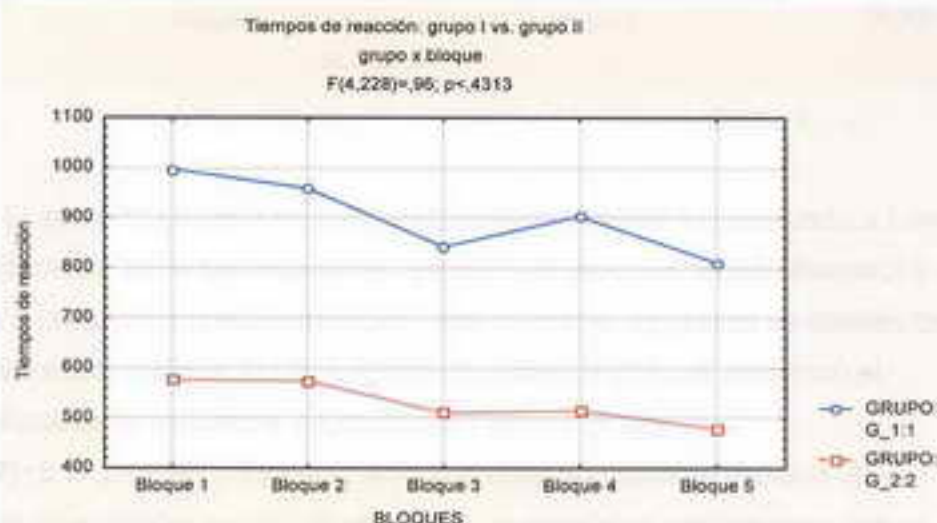


Gráfico 2

Asimismo, la fase de automatización de la tarea también fue evaluada al realizar un análisis de la varianza bidireccional entre los dos grupos evaluados y el primer y el último bloque aleatorio (Grupo (2) x Bloque (2)). El resultado corroboró la hipótesis II, que planteaba una paulatina disminución de los tiempos de reacción, más allá de la presencia o no de una secuencia ($F(1,57)=7,24$; $p<,0093$). A su vez, tampoco se evidenciaron diferencias entre ambos grupos en la fase de automatización ($F(1,57)=0,32$; $p<,5753$) (Gráfico 3).

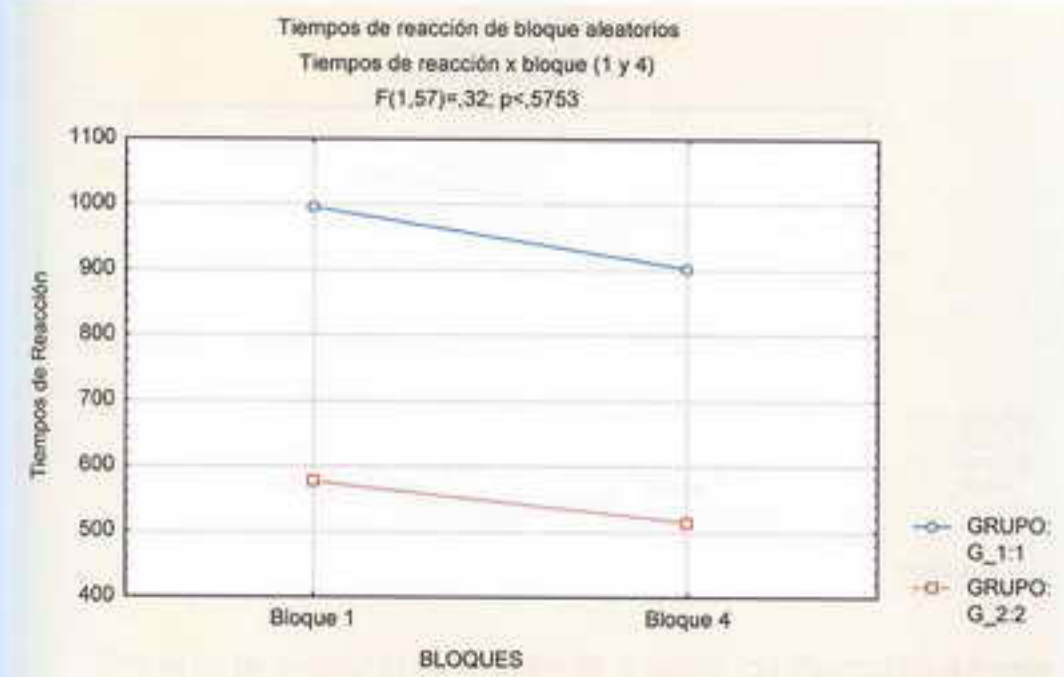


Gráfico 3

El aprendizaje de la secuencia visomotora también fue evaluado a través de la diferencia entre los tiempos de reacción del bloque 4 (seudoaleatorio) y bloque 5 (secuencia predeterminedada). Para lo mismo, se realizó un análisis de la varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x bloque (2)) que evidenció el aprendizaje de la secuencia visomotora en ambos grupos

($F(1,57)=5.17; p<.0267$). Es decir, ambos grupos presentaron tiempos de reacción más rápidos cuando la secuencia se repetía en comparación con el bloque aleatorio. A su vez, la interacción bloque x grupo,

($F(1,57)=.99; p<.3231$), brinda aún más evidencia a favor de la hipótesis III que plantea que no habría diferencia significativa en el aprendizaje implícito de una secuencia visomotora entre los dos grupos de edad escogidos (Gráfico 4).

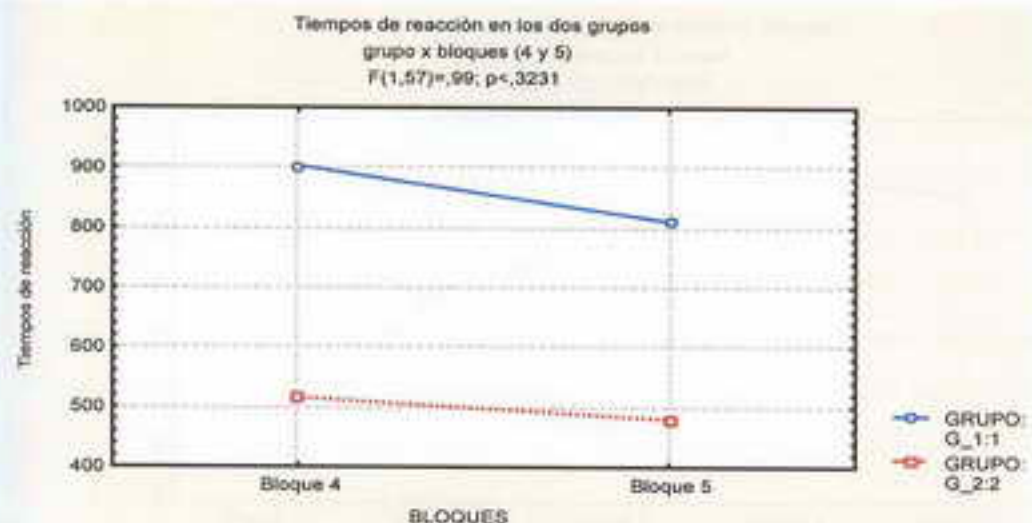


Gráfico 4

Con el fin de evaluar el aprendizaje de la secuencia visomotora a través de la disminución del número de errores y a medida que la secuencia se repetía (Hipótesis V), se empleó un análisis de la varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x bloque (5)). El análisis no comprobó la hipótesis que formulaba una disminución en el número de errores a medida que la secuencia se repetía, sino que, por lo contrario, evidenció un paulatino incremento a medida que se sucedía el experimento ($F(4,228)=13,77; p<.0000$) (Gráfico 5).

Con el fin de evaluar si este patrón de incremento del número de errores se repetía en ambos grupos (menores vs. mayores), se realizó la interacción bloque x grupo, que comprobó que la tendencia a aumentar el número de errores a lo largo de la realización del TTRS se produjo en ambos grupos por igual ($F(4,228)=1,20; p<.3109$). Es decir, tanto los pequeños como mayores se equivocaron más a medida que el experimento se extendía en el tiempo (Gráfico 6). Por lo tanto, la hipótesis VI, que formulaba que no habría diferencia significativa entre el número de errores de los dos grupos estudiados, fue comprobada ($F(1,57)=1,28; p<.2625$), ya que ambos grupos presentaron la misma tendencia al incrementar la cantidad de equivocaciones.

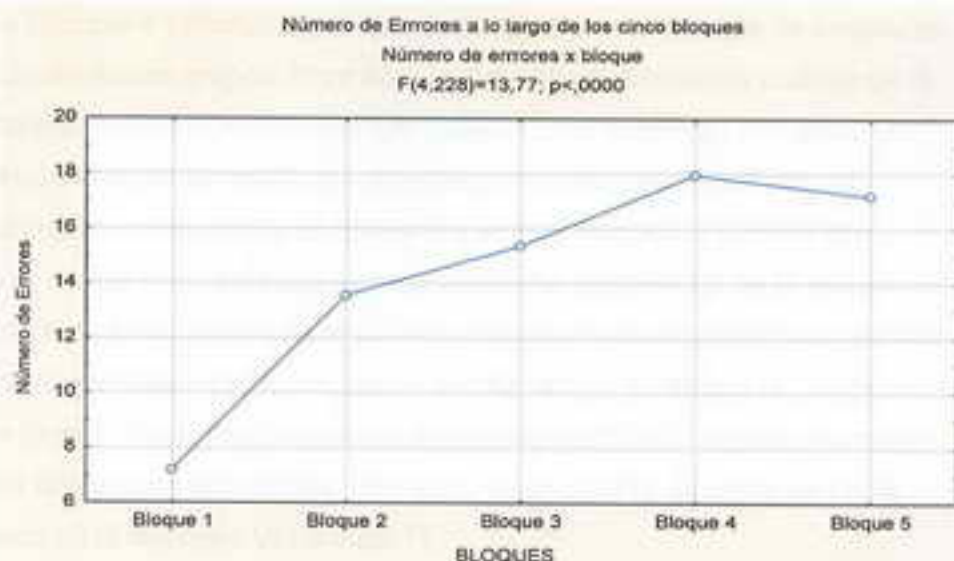


Gráfico 5

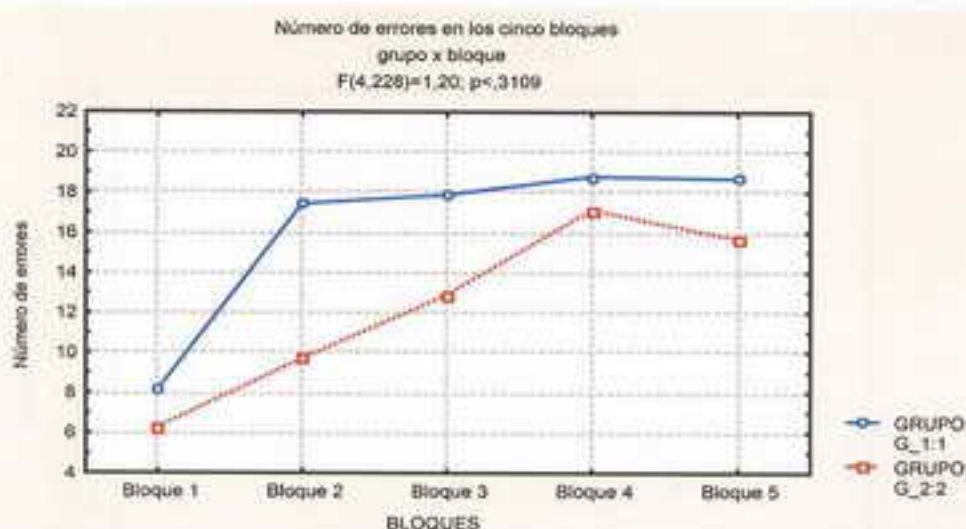


Gráfico 6

Ante este incremento del número de errores, fue crucial realizar un análisis sobre la validez de la investigación. Para ello, se analizó el número de respuestas correctas a lo largo de los cinco bloques, encontrándose que el número de aciertos fue siempre superior al 80%, lo que brindó igual confiabilidad, tanto en esta variable de análisis, como en el TTRS.

A fin de analizar y poder comparar también el número de errores entre una secuencia aleatoria y el último bloque con la secuencia que se repite, se procedió a comparar la cantidad de equivocaciones entre los dos últimos

bloques (Bloque 4 y Bloque 5), donde se observó que el número de errores se estabilizó en ambos grupos. Para ello, se procedió a realizar un análisis de la varianza bidireccional (ANOVA) grupo (menores vs. mayores) x bloques (4 (aleatorio) vs. 5 (secuencia)). Los resultados no evidenciaron diferencia significativa en el número de errores entre ambos bloques ($F(1,57)=,18$; $p<,6731$), dando cuenta de que la adquisición del aprendizaje de la secuencia visomotora no se evidenció en la disminución del número de errores a medida que la secuencia se repetía, refutando la hipótesis V. Al realizar la interacción grupo x bloque, no se halló diferencia significativa entre el número de errores entre los dos grupos estudiados ($F(1,57)=,14$; $p<,7133$), tal como se había formulado en la hipótesis VI (Gráfico 7)

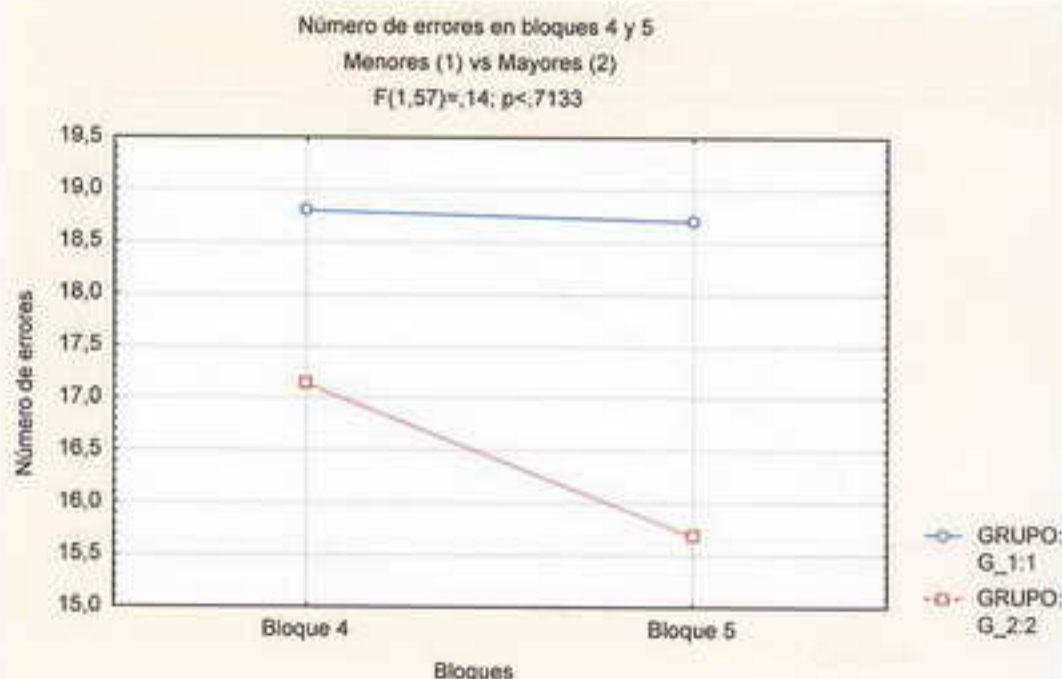


Gráfico 7

A partir de observar el gráfico N° 6, donde se ven diferencias en el número de errores entre ambos grupos estudiados, se tomó la decisión de comparar el número de errores de cada uno de los bloques entre los dos grupos de edad estudiados. El objetivo de esta comparación fue analizar cómo se producía el gradual incremento en el número de errores entre ambos grupos (menores vs. mayores). Con tal fin, fue realizado un análisis de la varianza

(ANOVA) unidireccional con cada uno de los bloques (grupo (2) x bloque (1)). El resultado no mostró una diferencia significativa en el número de errores entre ambos grupos en el Bloque I ($F(1,57)=0,87; p<.3544$); Bloque III ($F(1,57)=1,72; p<.1943$); Bloque IV ($F(1,57)=0,12; p<.73$) y Bloque IV ($F(1,57)=0,43; p<.5158$). Sin embargo, la diferencia en el número de errores entre ambos grupos en el Bloque II ($F(1,57)=3,82; p<.05$) fue significativa, lo que puso de manifiesto que en el grupo de menores la cantidad de respuestas erróneas aumentó significativamente entre el primer y segundo bloque, mientras que en el grupo de mayores el incremento fue más gradual (Gráfico N° 8).

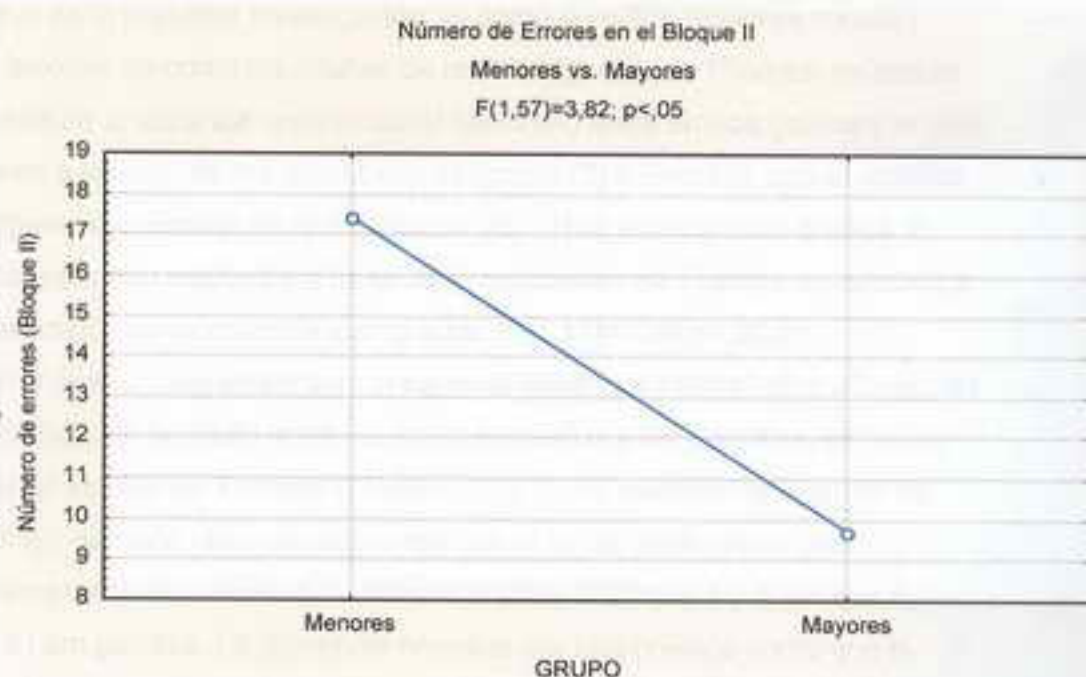


Gráfico 8

Como se expuso en la revisión bibliográfica sobre el TTRS en niños, el trabajo más reciente en el que se compara el aprendizaje de una secuencia visomotora entre niños y adultos (Thomas y col. 2004) halló diferencias en el aprendizaje implícito de la secuencia entre ambos grupos comparados. Entre ellas, los adultos aprendieron la secuencia con mayor celeridad, es decir, los tiempos de reacción del segundo bloque en que se presentaba la secuencia eran significativamente más rápidos en los adultos que en los niños. Por lo tanto, se realizó un análisis de la varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x

bloque (2)) entre los tiempos de reacción de los dos primeros bloques que tenían la secuencia (Bloque II y Bloque III), con el objetivo de comparar si, al igual que en el estudio de Thomas (2004), el grupo de niños mayores había aprendido la secuencia con mayor rapidez que el grupo de los más pequeños. Los resultados indicaron que los dos grupos de niños (menores vs. mayores) no presentaron diferencia significativa en la rapidez en la que se aprendió la secuencia ($F(1,57)=.85;p<.3599$), lo que contradujo el hallazgo de Thomas (2004).

En la investigación de Thomas y col. (2004), también se concluye que los adultos presentaban mayor precisión en sus respuestas. Es decir, el número total de errores era menor en los adultos que en los niños. A fin de evaluar si en la presente investigación el grupo de niños mayores cometió menos errores, tal como los adultos de la investigación de Thomas, se realizó un análisis de la varianza unidireccional (ANOVA) entre ambos grupos y el total de errores a lo largo de los cinco bloques (grupo (2) x Errores), con el objetivo de comparar la precisión en la realización del TTRS entre ambos grupos. El resultado no suma evidencia a favor de la conclusión de Thomas en relación a que la precisión se incrementa con la edad ($F(1,57)=1,28;p<.2625$).

Por último y siguiendo esta línea de análisis que busca hallar diferencias en el aprendizaje implícito entre los niños pequeños y los mayores, se realizó como en el estudio de Thomas & Nelson (2001) una revisión de la curva de aprendizaje de cada niño, considerando que el sujeto había aprendido implícitamente la secuencia si la diferencia entre el bloque 4 y 5 (bloque 4 – bloque 5) era positiva. La diferencia negativa era interpretada como que el sujeto no había alcanzado el aprendizaje del TTRS. Coincidiendo con los hallazgos de Thomas & Nelson (2001), en el grupo de menores hubo más niños/as que no alcanzaron el aprendizaje implícito de la secuencia ($N = 12$) en comparación con el grupo de mayores ($N = 6$). Este último representó el único análisis que puso de manifiesto cierta diferencia entre ambos grupos estudiados en el aprendizaje implícito de una secuencia.

Como se especificó durante la descripción del Experimento I al finalizar la tarea se les preguntó a los niños/as si consideraban que existía una secuencia. La pregunta fue introducida en el diseño de la presente investigación, con el objetivo de conocer si los sujetos habían alcanzado un

aprendizaje explícito de la secuencia. El resultado mostró una diferencia significativa $F(1,57)=11,57$; $p<,0012$) entre ambos grupos (Cuadro N° 5), pues sólo 4 de los pequeños contestaron afirmativamente a la pregunta si consideraban que los estímulos aparecían en un determinado orden, mientras que 14 niños/as del grupo de los mayores alcanzaron tal percepción. Sobre esta diferencia entre ambos grupos se ahondará en el Capítulo III. A su vez, tal como se especificó durante la descripción del experimento I, a todos los niños/as, que contestaron afirmativamente la pregunta sobre la posible aparición secuenciada de los estímulos, se les pidió que repitiesen el orden en que aparecían localizados los estímulos. Llamativamente, ninguno de los niños/as que afirmaron que existía una secuencia pudo dar cuenta de cuál era la misma, según el criterio especificado por Nissen y Bullemer que consideraba que habían adquirido conocimiento explícito si eran capaces de reproducir al menos cuatro componentes de la secuencia correctamente. A pesar de que esto no representó un resultado esperado, sí permite aseverar que el aprendizaje de la secuencia fue totalmente implícito, lo que es un dato muy valioso para el análisis realizado de los datos.

	Tomaron conciencia
Menores (Grupo I)	14%
Mayores (Grupo II)	48%

Cuadro N° 5

Conclusiones y Discusión

Como se expuso durante el "Marco Teórico y Estado Actual del Conocimiento", los hallazgos de las investigaciones focalizadas en el aprendizaje de una secuencia visomotora en niños han arrojado resultados contradictorios. Meulemans (1998) y Thomas & Nelson (2001) concluyeron que el aprendizaje implícito de una secuencia visomotora no evidencia diferencia significativa entre los diferentes grupos de edad, mientras que Thomas y col. (2004) hallaron ciertas diferencias entre el aprendizaje de una secuencia, desafiando las conclusiones previas. Entre los cambios citados en el estudio de Thomas (2004), se plantea una mayor precisión al contabilizar el número de errores totales en los adultos y una mayor rapidez en el aprendizaje de una secuencia, medido a través de la comparación de los tiempos de reacción entre los primeros bloques en que aparece la secuencia. Por lo tanto, uno de los objetivos de la presente investigación apunta a arrojar cierta luz sobre estas conclusiones discrepantes.

A partir de los análisis estadísticos realizados sobre los datos recolectados, se observa que el aprendizaje implícito de una secuencia, medido a través de los tiempos de reacción, fue observado en los dos grupos por igual. Es decir, ambos grupos presentaron una diferencia significativa en los tiempos de reacción entre los el bloque aleatorio (4) y aquel en que la secuencia se repetía (Bloque 5), a favor de este último. A su vez, ambos grupos aprendieron la secuencia con la misma celeridad, pues al comparar los tiempos de reacción de los dos primeros bloques secuenciales, no se encontraron diferencias entre ambos grupos, como había sido reportando por Thomas & Nelson (2004). Hasta aquí, parecería que los resultados obtenidos, a partir del análisis de los tiempos de reacción entre ambos grupos, respaldara la teoría de que el aprendizaje de una secuencia visomotora estaría establecido a partir de los siete años de edad y de que existiría una disociación en el desarrollo de la memoria implícita y explícita, pues diferencias en el desarrollo de las mismas, darían cuenta de una disociación entre ambos sistemas. No obstante ello y a pesar de estos hallazgos que respaldan la disociación, al

realizar la misma comparación individual y comparar el número de niños en cada grupo que lograron el aprendizaje de la secuencia, se observó que un mayor número de niños mayores alcanza el aprendizaje de la secuencia en comparación a los pequeños. Este último hallazgo, que se corresponde con el estudio de Thomas & Nelson (2001), da cuenta de que al menos para un porcentaje de niños entre 7 y 8 años de edad aún se esperan cambios en el aprendizaje implícito de la secuencia y que, si bien gran parte del aprendizaje de una secuencia visomotora está establecido, habría diferencias individuales entre ambos grupos.

Otro de los medios para evaluar el aprendizaje implícito de la secuencia empleado hasta el momento fue el tomar la cantidad de equivocaciones y comparar dicha cantidad entre el bloque aleatorio y secuencial (Gómez Beldarrian M. y col., 1999; Pascual Leone A. y col., 1992; Pascual Leone A. y col., 1996; Meulemans T. y col., 1998; Thomas & Nelson, 2001). Los estudios que han tomado el número de errores como variable de aprendizaje implícito de la secuencia no han tenido resultados tan contundentes como cuando se han tomado los tiempos de reacción. No obstante, tanto el estudio de Pascual Leone (1992) como el de Meulemans T. (1998) evidenció un incremento de dichos errores cuando las secuencias eran aleatorias. En cambio, en el estudio de Thomas & Nelson (2001), no se produjeron cambios significativos cuando se comparaba el número de errores entre los bloques aleatorios y los bloques con una secuencia en los grupos de niños de siete y diez años, mientras que en el grupo de niños de cuatro años se incrementó la cantidad de equivocaciones a medida que la tarea se extendía en el tiempo, por lo que los autores adjudicaron al cansancio tal diferencia.

En el presente estudio, el número de errores fue en aumento a medida que se extendía la prueba, al igual que sucedió con el grupo de preescolares en la investigación de Thomas & Nelson (2001). Sin embargo, no hubo diferencia entre los dos últimos bloques donde el factor cansancio ya estaba incidiendo. Es decir, entre los bloques cuatro y cinco, no se siguió incrementando el número de errores, pero tampoco se halló una diferencia a favor del bloque secuencial, de lo que no se podría inferir un aprendizaje implícito de la secuencia medido a través del número de errores. Al igual que en el experimento llevado a cabo por Thomas & Nelson (2001) con

preescolares, el aumento de equivocaciones del presente estudio es interpretado por la influencia de la variable cansancio. No obstante ello, es también atinado cuestionarse en dónde puede radicar la diferencia hallada respecto del estudio de Meulemans para quien el número de errores se incrementaba en las series aleatorias. A modo de respuesta, vale aceptar que el diseño de Meulemans fue diferente porque se alternaron en un mismo bloque estímulos que se sucedían en forma aleatoria y otros en forma secuencial. Así, al sumar el número total de errores de las series aleatorias y compararlos con el número de los que presentaban una secuencia, se intercalaron la sucesión de estímulos presentados en diferentes momentos de la realización del TTRS. En consecuencia, la variable cansancio queda eliminada del análisis. De hecho, cuando se realiza un análisis que busca eliminar la variable cansancio, más aun comparando dos bloques donde el factor cansancio ya puede estar incidiendo (Bloque 4 y 5), no se observan diferencias significativas, aunque sí una tendencia a presentar menor número de errores en el bloque 5, sin bien el cansancio sería mayor. Este hallazgo es semejante al obtenido por Thomas & Nelson (2001), por lo tanto se puede afirmar que el factor cansancio incide negativamente sobre el número de errores, si bien se evidencia cierta tendencia a decrecer la cantidad de equivocaciones cuando la secuencia se repite.

Al profundizar sobre el análisis del número de errores, se hallaron tres resultados que merecen una especial atención. En primer lugar, no se produjo diferencia significativa en el número de errores entre ambos grupos, lo que da cuenta de que el grupo de niños entre 7 y 8 años de edad no presentó mayor dificultad que el grupo de los de 11 y 12 años de edad en completar la tarea. En segundo lugar, al menos en niños de diferentes edades, no se halló mayor precisión en las respuestas al contabilizar el número de errores, como encontró Thomas (2004) cuando comparó el total del número de errores entre niños y adultos. Por otro lado, el grupo de niños pequeños incrementó más rápidamente la cantidad de equivocaciones, de lo cual se infiere que los más jóvenes tienden a cansarse más rápidamente que los mayores.

A partir de aquí, la pregunta que surge es cómo incide el desarrollo de las estructuras implicadas en la realización del TTRS. Teniendo en cuenta que cuando se compararon los tiempos de reacción entre ambos grupos las únicas

diferencias halladas fueron individuales, se infiere que si bien el aprendizaje implícito de una secuencia estaría establecido a los siete años de edad, aún habría diferencias individuales en la maduración de una o varias de las estructuras implicadas. En relación al número de errores, la única diferencia hallada entre ambos grupos es la mayor celeridad en el aumento del número de errores en el grupo de los menores. Esta diferencia entre menores y mayores estaría dando cuenta de que, en una tarea de tipo repetitiva como puede ser el TTRS, los niños más pequeños tienden a cansarse más rápidamente, llevándolos a cometer más errores y en consecuencia perdiendo efectividad con mayor celeridad. Sin embargo, dado que la cantidad de equivocaciones se estabiliza, no se puede afirmar que lo mismo incida en el aprendizaje implícito del TTRS. Asimismo, en relación a la estructuras neuroanatómica implicadas, esta diferencia podría indicar que las estructuras que juegan un rol en el alerta y sostenimiento de la atención, tales como la corteza prefrontal, la corteza parietal y el circuito fronto estriado que maduran más tardíamente, podrían estar influyendo en esta muestra de agotamiento más temprano en el grupo de menores.

A fin de de conocer y comparar en ambos grupos cómo se produce el aprendizaje de una secuencia visomotora, es relevante hacer referencia a la diferenciación realizada por Exner (1997) entre dos procesos distintos en la realización del TTRS. El primero implica una disminución en los tiempos de reacción independiente de la existencia o no de una secuencia (Fase de automatización); el segundo corresponde a un aprendizaje implícito de la secuencia en sí mismo. La fase de automatización se evaluó comparando, tanto los tiempos de reacción entre ambos grupos independientemente de la presencia o no de una secuencia, como los tiempos de reacción de los dos bloques aleatorios entre sí. Los resultados pusieron de manifiesto una mejoría global en los tiempos de reacción de ambos grupos, dando cuenta de que a medida que la tarea se repetía, se facilitaba cada vez más la acción motora. Por lo tanto, al relacionar este hallazgo con las investigaciones de Exner (2002), Doyon (1997) y Nixon & Passingham (2000) que adjudican al cerebelo y los ganglios de la base el rol de automatizar el aprendizaje para que los movimientos se vuelvan más rápidos y coordinados, se puede concluir que no se producen cambios en la maduración del cerebelo y los ganglios de la

base entre los 7 y 11 años que incidan sobre la automatización de la tarea. Es decir, siguiendo la línea de Jueptner y Weillner (1998) que adjudican al cerebelo el rol de monitorear la salida (aférente sensorial) y a los ganglios de la base el rol de seleccionar los movimientos (eferente motor), se puede concluir que el aferente sensorial y el eferente motor requerido para automatizar la tarea en el aprendizaje de una secuencia visomotora estarían alcanzados a partir de los siete años. Los estudios como el de Sowell (2001), que registraron incremento en el volumen cerebeloso total y en los ganglios de la base en participantes entre 7 y 14 años, parecen a simple vista contraponerse con la mejoría global en los tiempos de reacción de ambos grupos. Sin embargo, esto simplemente podría indicar que los cambios cerebelosos y en los ganglios basales reportados por Sowell no tienen un efecto sobre la automatización de la tarea.

Durante la segunda fase, cuando se realizan análisis estadísticos grupales, tampoco se observan diferencias significativas entre ambos grupos; es decir, que tanto el grupo de menores como el de los mayores aprenden la secuencia al mismo ritmo. En contraste, un análisis individual evidenció que un porcentaje significativamente mayor de los pequeños no logra el aprendizaje de la secuencia, por lo que se concluye que existen diferencias individuales en el aprendizaje implícito de la secuencia que no se reflejan en los análisis estadísticos grupales.

Por último, es enriquecedor comparar las conclusiones planteadas sobre las diferencias en el aprendizaje durante la primera y segunda fase, con las observaciones de Floyer-Lea y col. (2004) en trono a la mayor activación de la corteza prefrontal, la sensoriomotora bilateral y la parietal cuando la actividad requiere mayor demanda atencional porque se encuentra en la fase de aprendizaje y existe una mayor activación en el cerebelo, el tálamo y el putamen cuando la tarea se va tornando más automática. La comparación permite formular como hipótesis que la función necesaria de la corteza prefrontal, la sensoriomotora bilateral y la parietal para el aprendizaje implícito de la secuencia visomotora aún no ha logrado igual maduración en todos los niños de siete y ocho años de edad, teniendo en cuenta las diferencias individuales halladas. Asimismo, el desarrollo del cerebelo, del tálamo y del

putamen si ha logrado dicha maduración a los siete años, en función de la fase de automatización del TTRS.

A modo de conclusiones finales de este primer objetivo planteado en torno al conocer y comparar en dos grupos de niños/as de diferentes edades cómo se produce el aprendizaje de una secuencia visomotora, podemos afirmar:

- 1) El tiempo que toman los niños menores en aparear el estímulo visual con la respuesta motora correspondiente es mayor al del grupo de los niños mayores.
- 2) Ambos grupos logran automatizar la tarea, no evidenciando diferencias significativas entre ellos.
- 3) El aprendizaje implícito de la secuencia visomotora, medido a través de la diferencia entre los tiempos de reacción, evidencia el aprendizaje de la misma en ambos grupos por igual.
- 4) Algunos niños del grupo de los menores no logran mejores tiempos de reacción frente a la secuencia en comparación con las series aleatorias, dando cuenta de las diferencias individuales en la maduración del aprendizaje implícito de una secuencia.
- 5) El número de errores se incrementa a medida que la tarea se repite, seguramente, debido a la incidencia del factor cansancio.
- 6) Ambos grupos de edad presentaron un incremento en el número de errores frente a la tarea que se repetía, pero en el grupo de los más pequeños la variable cansancio se vio reflejada en el número de errores con anterioridad.

Capítulo III

Toma de conciencia y aprendizaje explícito de la secuencia

Marco Teórico y estado actual del conocimiento

Como se explicitó en el Capítulo II, la principal diferencia entre aprendizaje implícito y explícito es que, durante el aprendizaje implícito, el mismo se produce en forma no intencional y sin conciencia de las reglas o estrategias que llevan a una mejoría en el rendimiento de la tarea. De tal diferenciación, se desprende entonces que lo que distingue a ambos sistemas es el nivel de conciencia del sujeto en dicho aprendizaje. Es decir, habría una modalidad consciente y una inconsciente de aprendizaje que actuarían en forma independiente, por lo cual cada una podría operar en ausencia de la otra. A favor de esta diferenciación, se han llevado a cabo en las últimas décadas múltiples investigaciones, que han dado cuenta de la disociación de los dos sistemas de memoria. Entre ellas, figuran tanto los estudios ya mencionados en el capítulo II realizados con pacientes amnésicos que mejoraban en el rendimiento de la tarea, sin ser conscientes de haber sido expuestos previamente a la misma, como esos otros que evaluaban el efecto priming, los sistemas complejos de control, las habilidades y el aprendizaje de una gramática artificial realizados en sujetos normales que evidenciaron cómo el aprendizaje se mantiene en el plano implícito si bien los sujetos mejoraban su rendimiento. Principalmente, a partir de estos últimos estudios con personas no amnésicas donde existía la posibilidad de hacer consciente un aprendizaje, surgieron múltiples cuestiones sobre la interacción entre ambos niveles de conciencia y la pregunta sobre el nivel de conciencia que se encuentra el sujeto en cada momento del aprendizaje.

A tal fin, se hicieron posibles múltiples formas de evaluación. Entre la más frecuentemente usada está la opción de realizar, hacia el final de la tarea, una serie de preguntas sobre la naturaleza de la misma y pedir cierta descripción de las características, estructuras, reglas o secuencias de la tarea. Berry & Broadbent (1984), en dos novedosas investigaciones de sistemas complejos de control —una en que se simulaba el trabajo en una refinería de azúcar y otra en que los sujetos debían atribuir un estado de ánimo a una persona virtual que respondía a los inputs/estímulos del sujeto en forma compleja pero predecible hicieron al final preguntas sobre la naturaleza de la

tarea. Si bien los sujetos evaluados mejoraban, no podían responder a preguntas sobre las características de la actividad. En forma similar, Mathew (1989), empleando el paradigma de aprendizaje de una gramática artificial, siguió una novedosa forma de evaluar si los sujetos habían adquirido conocimiento explícito. Pidió a los controles normales que intentaran enseñar a otros sujetos la misma tarea que ellos realizaban pero sin el beneficio de haber visto ejemplos previos. Los sujetos presentaban un rendimiento significativamente más eficiente en la prueba, antes de que pudiesen instruir a otros en la realización de la misma. Ambos estudios brindan evidencia de aprendizaje implícito y de cómo esto se produce sin que los sujetos puedan dar cuenta de la mejora.

Asimismo, siguiendo la misma forma de evaluación y empleando también el paradigma de la gramática artificial, se presentaron secuencias de diferente extensión ante las que el sujeto debía predecir el próximo estímulo y enseñar la tarea a un compañero. Si bien el compañero aprendía en la primera experiencia y la predicción no era aleatoria en la segunda, esto no era suficiente explicación de la franca mejora en el aprendizaje realizada por los sujetos expuestos directamente a la tarea (Dienes y colaboradores, 1991). La técnica de instruir a un par es una forma ingeniosa de evaluar el aprendizaje implícito sin preguntar en forma directa a los sujetos si consideran que la tarea responde a ciertas reglas.

En relación al TTRS en particular, se trata de un instrumento muy útil a los fines de las investigaciones que buscan comparar el aprendizaje implícito y explícito pues es una tarea/actividad que puede ser manipulada de manera tal para que pueda administrarse en forma explícita como implícita. El TTRS es administrado de manera implícita cuando al sujeto que realiza la tarea no se le dice en ningún momento que los estímulos siguen una secuencia determinada. Por el contrario, el TTRS puede administrarse en forma explícita si a los sujetos se les avisa previamente que los estímulos siguen una secuencia, donde el sujeto durante la realización de la tarea evoca de su memoria la secuencia aprendida y la aplica en la realización de la tarea.

Algunos autores han dado relevancia a la pregunta sobre la interacción entre ambos sistemas de conciencia, entre ellos citaremos a Willingham (1989), Shanks & St. John (1994) y Baddeley (2002). Willingham, en un inicio, frente a

la necesidad de diferenciar en controles normales si el aprendizaje continuaba siendo implícito o había adquirido otra forma de conciencia, diferenció entre *memoria procedural explícita* y *memoria procedural implícita*. Empleó el término *memoria procedural implícita* para referirse a la mejoría en el rendimiento en una tarea que resulta de la previa exposición, pero sin que el sujeto sea consciente de haber estado expuesto anteriormente a la misma. Por otro lado, el término *memoria procedural explícita* se utilizó cuando el sujeto es consciente de una exposición previa a la tarea. Asimismo, siguiendo esta línea de trabajo, Willingham (1998) desarrolló una teoría que brinda un marco teórico para comprender la interacción entre los modos de conciencia. La misma está basada en el principio de modo dual empleado en el control motor¹⁰.

El principio de modo dual sostiene que los actos motores pueden ser ejecutados mediante una modalidad consciente o inconsciente. A partir de este principio, Willingham realiza ciertas predicciones sobre la interacción entre los dos niveles de conciencia en una habilidad motora. Primero, parecería que la modalidad consciente e inconsciente puede aparecer en el aprendizaje de una habilidad en cualquier momento. Segundo, es claro que la demanda atencional de la tarea disminuye cuando el sujeto emplea la modalidad inconsciente. Tercero, se ve también que el aprendizaje de ciertas habilidades puede ocurrir sin la necesidad de pasar por la conciencia, si bien el sujeto que tiene el conocimiento explícito empleará dicho conocimiento en la habilidad motora en cuestión. En otras palabras, no es posible que el sujeto que posea aprendizaje explícito no experimente una mejoría en la tarea, lo cual significa que de este mismo principio, también se predice la mejoría en el rendimiento de la tarea a medida que el aprendizaje se torna explícito. Es decir, esto implica que una persona que adquiere conocimiento explícito de determinada habilidad puede hacer uso de la misma y lograr una mejora en su rendimiento cuando lo comparamos con aquellos que no han logrado el aprendizaje explícito. El posible impacto que tiene sobre la tarea el hecho de que un conocimiento pase de un nivel de conciencia a otro ha llevado a realizar múltiples investigaciones sobre el nivel de conciencia del sujeto durante el aprendizaje y sobre cómo éste impacta en el rendimiento.

¹⁰ Se refiere a la planificación y ejecución del movimiento

Entre estos estudios podemos citar las investigaciones que, empleando el TTRS, evidenciaron que los sujetos que adquirían conciencia de la secuencia mejoraban significativamente su rendimiento (Willingham, 1989), así como el estudio en el que se enseñó explícitamente la tarea antes de realizar el TTRS y luego se observó un marcado beneficio en el aprendizaje de la misma (Curren & Keele, 1993). Resulta muy importante este proceso positivo en el aprendizaje y, a fin de ejemplificar este principio de mejora en el rendimiento de la tarea a través del aprendizaje explícito, sería útil pensar en un joven que se sienta por primera vez al volante y se le expliquen los pasos para arrancar el auto. Para preparar al joven, se le indica la siguiente secuencia ordenada de indicaciones en torno a la tarea asignada:

Primero, da vuelta la llave de encendido

Segundo, apretá el embrague

Luego, colocá primera

Por último, levanta suavemente el pie del embrague mientras presionás sobre el acelerador.

Esta secuencia clara y comprensible para el joven genera una pregunta ¿Acaso el conocer la teoría sobre los pasos para arrancar el auto garantiza que su logro? O bien, ¿es suficiente con recibir estas indicaciones? La respuesta inmediata es sencilla: no precisamente. Sin embargo, sí es cierto que el poder contar con este conocimiento teórico le concederá mayor eficacia en el arranque frente a otro joven que no cuente con el mismo. Si llevamos el presente ejemplo al aprendizaje de una secuencia visomotora, es altamente factible que los sujetos que hayan aprendido la secuencia mediante una modalidad conciente se beneficien en el rendimiento en comparación con aquellos que la secuencia.

Shanks & St. John (1994), ambos teóricos que se adentraron en el tema sobre la interacción entre los niveles de conciencia, fueron dos de los principales críticos a los estudios que afirmaban que los sujetos evaluados durante la realización de tareas que medían el aprendizaje implícito mantenían el aprendizaje únicamente en tal nivel de conciencia, sin alcanzar en algún momento de dicho aprendizaje el conocimiento explícito de la tarea. Un ejemplo de tal crítica es la revisión realizada en 1994, donde Shanks & St. John exponen los dos criterios necesarios que un conocimiento debería cumplir para

ser considerando realmente implícito: son los criterios de información y de sensibilidad. El criterio de información requiere que el experimentador establezca de antemano cuál es la información requerida para considerar que el sujeto ha adquirido conciencia y, por ende, que la información que el sujeto brinde sea realmente la información responsable de que se haya producido un cambio en el rendimiento del sujeto. El criterio de sensibilidad se refiere a que es importante cuidar de no llegar a la conclusión de que el conocimiento es implícito simplemente porque el test que permite evaluar si es consciente no acaba siendo lo suficientemente sensible como indicador. Para no caer en este problema, Shanks & St. John sugieren que el test que evalúa si el aprendizaje se ha tornado explícito debe evaluar todas las posibles formas de evaluar si aprendizaje se a tornado explícito.

A partir de todo lo expuesto y teniendo en cuenta lo riguroso de ambos criterios, los propios Shanks & St John concluyen que es difícil cumplir con ambos criterios. A su vez, los mismos autores realizan una distinción interesante entre *aprendizaje implícito* y *evocación implícita*. La primera se refiere a la ausencia de conciencia de las estrategias y reglas de asociación que subyacen en el proceso de aprendizaje; mientras que la *evocación implícita* se refiere a la capacidad de evocar dicha información. La diferenciación es valiosa, pues es claro que es imposible esperar la evocación de pacientes amnésicos, justamente por la característica retrospectiva de la misma. Al mismo tiempo, la distinción entre ambos procesos presenta un desafío cuando se debe evaluar el denominado aprendizaje implícito pues, para conocer si el sujeto considera que la tarea en cuestión sigue alguna regla y secuencia, habría que preguntárselo a lo largo del entrenamiento, lo que inevitablemente ha de incidir luego en su nivel de conciencia y en sus respuestas.

A pesar de las diferencias entre Willingham y Shanks & St. George en cuanto a los criterios que permiten diferenciar entre los diferentes niveles de conciencia, los investigadores citados ambos concuerdan tanto en la existencia de una interconexión entre los dos niveles de conciencia como en el hecho de que, a los fines de la investigación experimental con controles normales, resulta fundamental poder tener seguridad sobre el nivel de conciencia en el que se encuentra el sujeto. Para ello, es útil la diferenciación entre *memoria procedural*

implícita y memoria procedural explícita realizada por Willingham y por primera vez aplicada por Pascual Leone (1996) al TTRS. La *memoria procedural implícita* en el TTRS en particular se evalúa a través de la gradual disminución de los tiempos de reacción del sujeto al pulsar la tecla correspondiente, cuando los estímulos se suceden secuencialmente. La *memoria procedural explícita*, en cambio, se refiere al hecho de que el sujeto comienza a darse cuenta de que hay una secuencia y puede repetirla. Es válido mencionar que la memoria procedural explícita en el TTRS ha sido evaluada de dos formas. En controles normales, al finalizar la tarea, se ha preguntado si los sujetos habían notado algo en particular acerca de la tarea. Si la respuesta era afirmativa y respondían que se trataba de una secuencia, se les pedía que la repitiesen, considerando correcta la repetición de al menos cuatro ítems (Willingham, 1989). En cambio, en pacientes amnésicos, la memoria procedural explícita fue evaluada interrumpiendo la tarea y pidiéndose que predigan la localización del próximo estímulo (Nissen & Bullemer, 1987). El cambio en la forma de evaluación entre controles normales y sujetos amnésicos se debió a que la propia amnesia, por la característica retrospectiva de la pregunta, no otorga validez a la pregunta de si se había notado algo en particular acerca de la tarea. Es decir, si el paciente era amnésico, no se iba a poder contestar la pregunta sobre el episodio sucedido previamente.

A partir de la rigurosidad de los criterios de Shanks & St. John (2002) en cuanto a si un conocimiento es realmente implícito, Baddeley (1997) adopta una visión más flexible y global al considerar que el esperar un "sí" o un "no" como respuesta al nivel de conciencia del aprendizaje es imposible. Entre las razones expuestas, en primer lugar, se plantea que las tareas en cuestión suelen ser complejas o probabilísticas lo que lleva a los sujetos a adoptar estrategias variadas y cambiantes; en segundo lugar, las mismas pueden llevar a múltiples cambios en el nivel de conciencia. Ejemplos de tales cambios de estrategias son los estudios de Sanderson (1989) quien, al emplear una tarea que simulaba un sistema de control de transporte público, evidenció que los sujetos en un inicio verbalizaban información muy pobre, mientras que al extenderse la tarea en el tiempo, los sujetos comenzaron a brindar información pertinente a la tarea e incluían datos sobre cómo se interrelacionaban las distintas variables. Baddeley, a partir de éste como otros estudios con

resultados semejantes (Stanley, 1989; McGeorge & Burton, 1989), concluye que, en tareas de aprendizaje implícito, los sujetos son conscientes de algo que puede ser comunicado hacia el final del proceso de aprendizaje, pero que no necesariamente abarca la complejidad del aprendizaje en cuestión. Por lo tanto, una forma de interpretar esto sería que *"two forms of learning are proceeding in parallel, an unconscious implicit process, which is then followed by a gradual capacity to reflect on the learning, and possibly create and report some form of mental model"*¹¹ (Baddeley, 1997, ed.2002, pag. 342, párrafo 2). En otras palabras, a nivel de conciencia, no puede ser considerado un estado único donde haya sólo dos opciones –lo consciente o lo inconsciente, sino que el nivel de conciencia presenta dos accesos a formas de aprendizaje que se pueden producir en paralelo, como sucederse una a la otra secuencialmente.

A su vez, como dice Baddeley, para poder llevar un conocimiento a múltiples cambios en el nivel de conciencia, debería probarse que es posible transferir los conocimientos de implícitos a explícitos y viceversa. Para ello, Willingham & Goedert – Eschmann (1999) realizaron un estudio donde los sujetos aprendían la secuencia en forma explícita o implícita y más adelante se les administraba un TTRS aprendido bajo las dos modalidades y otras series aleatorias, diciéndoles que todas eran aleatorias. Los sujetos respondían más rápidamente a las secuencias aprendidas en forma explícita e implícita que a las aleatorias, evidenciando transferencia de una modalidad consciente a una inconsciente, mediada en este caso a través de la memoria implícita. Sin embargo, el mismo Willingham (2002) más adelante desarrolla una novedosa adaptación del TTRS en la que se logran crear las condiciones para comparar en forma simultánea ambas formas de aprendizaje. En dicho diseño del TTRS, aparecen en la pantalla dos grupos de asteriscos (negros y rojos). Se le informa al sujeto que los rojos siguen una secuencia – condición explícita – y los negros no –condición aleatoria. No obstante en ocasiones, los asteriscos negros, siguen una secuencia – condición implícita-. Lo más ingenioso del diseño estuvo dado por la incorporación de la condición explícita escondida, donde aparecía la misma secuencia que en la condición explícita pero en lugar

¹¹ "dos formas de aprendizaje se producen en paralelo, un proceso implícito inconsciente que es luego seguido por una capacidad gradual de crear y reproducir alguna clase de modelo mental"

de aparecer representada con asteriscos rojos, como se le había informado al sujeto, aparece con asteriscos negros. Es decir, la misma secuencia aparecía tanto con asteriscos de color rojo como camuflada con asteriscos de color negro. La única diferencia entre la secuencia explícita y la secuencia explícita escondida radica en el nivel de conciencia del sujeto entre ambas. Por un lado, el objetivo de este novedoso diseño de investigación fue elucidar las diferencias halladas entre los estudios cognitivos que daban cuenta de la transferencia del aprendizaje de una secuencia, yendo de una modalidad conciente a otra inconciente y viceversa por medio de la memoria implícita (Willingham & Goedert – Eschmann, 1999). Por otro lado, están los estudios realizados con neuroimágenes que, al comparar la activación cerebral durante la realización del TTRS, cuya secuencia fue aprendida implícita o explícitamente, evidenciaron las diferentes redes neurales activadas en cada clase de aprendizaje (Honda y colaboradores, 1998; Hazeltine y col, 1997).

La discrepancia entre los estudios cognitivos y por imágenes desafía la idea de la posibilidad de alcanzar el aprendizaje explícito a través de la práctica como si se tratara de un aprendizaje implícito previo a dicho aprendizaje explícito. La investigación llevada a cabo por Willingham (2002) permitió entonces, mediante este novedoso diseño del TTRS y el empleo de RMf, evaluar si la red neural de la memoria implícita muestra evidencia de haber aprendido la secuencia explícita, al ser evaluada en forma implícita mediante la condición explícita escondida. La activación de la red neural implícita durante la condición explícita escondida daría cuenta de que es posible la transferencia del aprendizaje explícito de la secuencia a una modalidad implícita. Este estudio tuvo múltiples hallazgos: el más importante y en respuesta a la discrepancia entre estudios cognitivos y por neuroimágenes fue aquel durante el cual la condición explícita escondida y la condición implícita activaron prácticamente las mismas áreas. Esto implicaría que *"the neural network that enhances performance for the implicit and form the explicit –covert conditions was virtually the same. The explicit-covert activation, therefore, documents*

*procedural modulation that occurred under conditions of declarative learning and awareness*¹² (Willingham, 2002, pag. 1456).

A su vez, la investigación de Willingham es valiosa pues halló mediante el uso de RMf que la corteza prefrontal se activaba no sólo durante la condición explícita, sino también durante el aprendizaje implícito de la secuencia. También se planteó que los niveles de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda aumentaban durante la condición explícita, mientras que disminuían en la aleatoria o bien presentaban un rango medio en la condición implícita. Asimismo, la activación de la corteza prefrontal dorsolateral se correlacionaba con el nivel de aprendizaje de la secuencia explícita. Es decir, los sujetos que lograban la mayor disminución de los tiempos de reacción durante el aprendizaje de la condición explícita evidenciaban una menor activación en la misma región. Este hallazgo consistente con aquellos que han reportado menor activación frontal frente a secuencias bien aprendidas (Jueptner y colaboradores, 1997) llevaron a Willingham a concluir que la corteza prefrontal jugaría un rol secundario durante el aprendizaje implícito, tal vez no aprendiendo la secuencia, sino conduciendo a la toma de conciencia de la misma. En otras palabras, la activación de la corteza prefrontal izquierda precedería a los cambios necesarios para la toma de conciencia, de modo tal que las personas intentarían predecir dónde va a aparecer el próximo estímulo y se prepararían para responder de acuerdo a tal predicción. Tal activación representaría el primer paso de la construcción de una secuencia y sería el prerequisite para la gradual toma de conciencia. Esta hipótesis de Willingham estaría respaldada igualmente por la investigación de Huettel y col. (2002) en la que se demostró que la corteza prefrontal juega un rol en la búsqueda de un patrón de eventos aleatorios. Huettel y sus colaboradores (2002) quisieron investigar si la corteza prefrontal procesa los cambios siguiendo patrones de eventos. A tal fin, desarrollaron un test en el que los sujetos miraban en una pantalla secuencias pseudoaleatorias de imágenes (círculos y cuadrados) y pulsaban diferentes teclas para responder según el estímulo presentado. Simultáneamente usando un RMf, los evaluadores observaban qué áreas se

¹² La red neural que mejora forma implícita y la condición explícita escondida fueron prácticamente las mismas. La activación explícita escondida, por lo tanto, documenta la modulación procedural que ocurre bajo condiciones de aprendizaje declarativo y conciente.

activaban cuando una secuencia era interrumpida. El resultado fue que la corteza prefrontal izquierda se activó cada vez que se violaba un patrón y la magnitud de la activación se incrementaba aún más cuando el patrón había sido mostrado por un período de tiempo mayor, dejando en claro que la corteza prefrontal buscaba dar sentido a la sucesión de eventos aleatorios.

Frente a todos estos casos planteados, conviene dejar paso a algunas referencias puntuales en el caso de la conciencia explícita e implícita específicamente en el grupo de los niños al que apunta esta investigación. En cuanto a la interacción entre ambos niveles de conciencia en el aprendizaje en niños y la pregunta sobre el nivel de conciencia que posee el sujeto en cada momento del aprendizaje, las investigaciones con niños se limitan a los trabajos ya mencionados en el capítulo II formulados por Meulemans (1998) y Thomas & Nelson (2002). En el caso de la primera investigación, a los tres grupos evaluados (un grupo de niños de seis y otro de diez años, además de un grupo de adultos) tras informarles de la existencia de una secuencia, se les realizaba una prueba de reconocimiento. En dicha prueba debían decidir si una secuencia de cuatro estímulos proyectada en la pantalla era parte de la secuencia presentada y completar una escala diseñada para medir su confianza en la respuesta. La escala presentaba cinco respuestas posibles de la siguiente manera:

- "Estoy seguro/a que nunca la vi"
- "Creo que nunca la vi"
- "No se si la vi"
- "Creo que la vi"
- "Estoy seguro que la vi"

El objetivo de Meulemans al incluir la prueba de reconocimiento en su diseño fue doble. Por un lado, se propuso evaluar el conocimiento explícito de la secuencia adquirido por los sujetos del estudio; por el otro, se preguntó si el conocimiento explícito adquirido se incrementaba gradualmente con la edad, como clásicamente se observaba en las tareas que evaluaban la memoria explícita. El hallazgo más sorprendente, en relación al reconocimiento de la secuencia, fue que ninguno de los tres grupos logró el aprendizaje explícito de la secuencia presentada en la prueba de reconocimiento, si bien el grupo de

adultos tendía a decir más frecuentemente que había visto la secuencia (ya sea que la hubiera visto o no).

Asimismo, en el estudio de Thomas y Nelson (2001), las tres poblaciones evaluadas (niños de cuatro, siete y diez años) fueron divididos en dos grupos: uno al que se le anticipaba previamente que existía una secuencia, si bien no se les enseñaba (condición de anticipación); y otro grupo que no recibía instrucciones de que existiera un orden en la aparición de los estímulos (condición sin exposición). No obstante el segundo grupo, tras completar el TTRS, se les realizaba una serie de preguntas que evaluaba el conocimiento explícito, a saber:

¿Pensás que mejoraste la rapidez con la que tocabas las teclas?

¿Podías predecir dónde iba a aparecer el perrito la próxima vez?

¿Te animás a mostrarme? (alentándolo a mostrar dicho lugar en la pantalla).

Este estudio de ambos investigadores, a diferencia del caso planteado por Meulemans, estuvo diseñado para alcanzar el aprendizaje explícito y evaluar cómo incidía éste en el aprendizaje de una secuencia para la realización de una tarea. De hecho, los niños a los que se les había anticipado que existía un orden de aparición en los estímulos alcanzaron mayor aprendizaje explícito de la secuencia, si bien también lo lograron algunos del grupo que desconocía la existencia de esta posibilidad. Con respecto a los tres grupos de edad, los niños de siete y diez años alcanzaron mayor conocimiento explícito de la secuencia que los niños de cuatro años y a su vez aquellos niños de diez años que alcanzaron conocimiento explícito de la secuencia realizaron más anticipaciones correctas que el grupo de niños de siete años que alcanzó conocimiento explícito.

Es interesante notar que ambos estudios presentan claras diferencias en su diseño, pues la investigación de Meulemans estuvo orientada a impedir el aprendizaje explícito mientras que la investigación llevada a cabo por Thomas & Nelson, por el contrario, llegó incluso a anticipar ante un grupo la presencia de la secuencia. En consecuencia, la diferencia en el diseño permitió conocer diferentes variables que inciden en la interacción entre los dos niveles de conciencia en niños. En primer lugar, el estudio de Thomas & Nelson nos permite afirmar que en niños también existe una interacción entre el aprendizaje implícito y explícito, de modo tal que el primero lleva a adquirir

aprendizaje explícito. Cabe destacar que esto se ubica junto a las investigaciones desarrolladas por Willingham en adultos. A su vez, el hecho de haber comparado a grupos de diferentes edades permitió tener las primeras conclusiones en cuanto a cómo incide la variable edad dentro de esta particular población, de tal modo que los niños de mayor edad tienen más probabilidades de lograr el aprendizaje explícito a través de la repetición de la tarea, lo que los distingue de los más pequeños. Este hallazgo no se había podido comprobar en la investigación de Meulemans porque ninguno de los tres grupos había llegado a adquirir un aprendizaje explícito de la secuencia. Sin embargo la investigación de Meulemans sí brindó un dato sorprendente en el estudio de esta interacción: si bien ninguno de los tres grupos logró el aprendizaje explícito de la secuencia, el grupo de adultos tendía a decir más frecuentemente que ya había visto la secuencia (lo hubiera hecho o no), dando cuenta de que los adultos estaban más acostumbrados a intentar buscar un cierto patrón cuando son enfrentados a una sucesión de estímulos.

Hipótesis, Metodología y Resultados

Objetivos e Hipótesis

A partir del recorrido realizado a través de las diferentes investigaciones y autores que estudiaron la interconexión entre los niveles de conciencia, surgió el interés por conocer la interconexión entre ambos niveles en la población particular de niños. Teniendo en cuenta la diferenciación realizada por Willingham (1989) entre memoria procedural implícita y explícita junto con la teoría como evidencia científica, que avala que el aprendizaje implícito de una tarea puede dar como resultado el aprendizaje explícito, se diseñó el Experimento II (siguiendo la pregunta incluida al final de Experimento I) sobre si los sujetos percibían acaso que los estímulos se sucedieran con un cierto orden. La pregunta fue incorporada con el fin de conocer el nivel de conciencia en relación a la secuenciación de los estímulos al final del primer experimento, con el propósito de confirmar si los sujetos habían adquirido conocimiento explícito del orden de sucesión de los estímulos. El experimento II fue incluido dado que la presente investigación se diseñó para que el conocimiento explícito de la secuencia no fuera fácil de alcanzar. De esta manera, el experimento II brinda la posibilidad de conocer realmente cómo impacta el aprendizaje explícito de la secuencia en la realización del TTRS. Por lo tanto, el objetivo de la pregunta y la justificación de la incorporación del Experimento II al estudio fue el siguiente:

Evaluar y comparar en los dos grupos de niños estudiados, en qué medida el aprendizaje explícito se produce a través del aprendizaje implícito y si el primero se manifiesta en una mejoría en la realización de la tarea.

A partir del presente objetivo se formularon las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis VII:** *Un porcentaje más grande de los niños mayores tomarán conciencia de haber sido expuestos a una misma secuencia.*

La presente hipótesis surge a partir el estudio de Meulemans (1998) en el que el grupo de adultos tendía a decir más frecuentemente que había visto la secuencia (ya sea que la hubiera visto o no). También se sostiene a partir del trabajo de Willingham (1998) quien adjudica a la corteza prefrontal, área que madura más tardíamente en los seres humanos, la función de conducir hacia la gradual toma de conciencia.

- Hipótesis VIII: *El grupo de niños que haya tomado conciencia de la secuencia habrá adquirido mayor conocimiento explícito de la secuencia.*

Como se puntualizó anteriormente, ya Baddeley (2002) había concluido que, en tareas de aprendizaje implícito, los sujetos son conscientes de algo que puede ser comunicado hacia el final del proceso de aprendizaje, mientras que no necesariamente abarca la complejidad del aprendizaje en cuestión. A su vez en el estudio de Thomas & Nelson (2002), en el que se dividieron los sujetos entre aquellos a los que se les anticipaba la presencia de una secuencia y quienes desconocían tal posibilidad, alcanzó mayor aprendizaje explícito el grupo que conocía la existencia de una secuencia, por lo que se infiere que los sujetos que han tomado conciencia de que los estímulos se suceden en cierto orden podrían alcanzar con mayor celeridad conocimiento explícito de la secuencia.

- Hipótesis IX: *El tomar conciencia de haber sido previamente expuesto a una secuencia beneficiará el aprendizaje de la secuencia visomotora medido a través de la disminución de los tiempos de reacción.*

El punto de partida para la formulación de la presente hipótesis es el estudio de Thomas & Nelson (2002) en el que un grupo de niños, al que se le había explicado que existía una secuencia, realizó un mayor porcentaje de anticipaciones correctas que el grupo sin conocimiento previo, si bien esto no supone el que necesariamente hubieran alcanzado conocimiento explícito de la secuencia en cuestión.

- Hipótesis X: *El tomar conciencia de haber sido previamente expuestos a una secuencia beneficiará el aprendizaje de la secuencia visomotora medido a través de la disminución del número de errores.*

Si bien no hay suficiente evidencia hallada dentro de las investigaciones encontradas que respalde en forma directa la presente hipótesis, los múltiples estudios que han tomado al número de errores como parámetro de aprendizaje implícito respaldan indirectamente que esta medida también puede ser sensible/propicia para evaluar el efecto de la toma de conciencia sobre el aprendizaje implícito. Pese a ello, es necesario dejar claro que la disminución en el número de errores no ha sido nunca empleada en este tipo de análisis en particular.

- Hipótesis XI: *El tener conocimiento explícito de la secuencia beneficiará el aprendizaje de la secuencia visomotora medido a través de la disminución de los tiempos de reacción.*

Willingham (1989) da evidencia de apoyo a esta hipótesis al diferenciar entre memoria procedural explícita e implícita; y, especialmente deja en claro que la segunda podía acelerar la primera. Con esto, el investigador desarrolló una teoría que brinda un marco teórico capaz de respaldar la idea de que el aprendizaje explícito predice una mejoría en la tarea (1998). A su vez, tal como se especificó previamente, múltiples investigaciones desarrolladas en adultos respaldan esta afirmación (Curren & Keele, 1993). En la población infantil, el único dato presente hasta el momento se encuentra en la investigación desarrollada por Thomas & Nelson (2001) donde se halló que los niños, que alcanzaron conocimiento explícito de la secuencia, realizaron más anticipaciones correctas que el grupo que no había alcanzado un conocimiento explícito.

- Hipótesis XII: *El conocimiento explícito de la secuencia beneficiará el aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través de la disminución de los tiempos de reacción a ambos grupos (menores y mayores) por igual.*

No hay a la fecha trabajo en niños que haya enseñando en forma explícita la secuencia previa a la realización de la tarea. La hipótesis propuesta está basada, en parte, en los estudios realizados con adultos (Willingham, 2002). En ellos, se demostró que aprender previamente la secuencia en forma explícita aceleraba los tiempos de reacción cuando el sujeto sabía que la secuencia presentada era la aprendida previamente. Por otro lado, el estudio de Willingham & Goedhert-Eschmann (1999) evidenció la transferencia de una modalidad de conocimiento a otra (de explícita a implícita), mediada a través de la memoria implícita. No obstante esto, no es suficiente para sostener la hipótesis de la no diferencia entre ambos grupos, por lo que la misma se apoya en el hecho de que la conexión entre ambos sistemas no difiere en los dos grupos estudiados.

- Hipótesis XIII: *El tener conocimiento explícito de la secuencia beneficiará el aprendizaje de la secuencia visomotora medido a través de la disminución del número total de errores.*

Una vez más se debe dejar en claro que el número de errores no ha sido empleado hasta el momento como medida para comparar la memoria procedural implícita y la explícita. No obstante, se propone a modo de hipótesis que dichos errores disminuirán con el conocimiento explícito de la secuencia, siguiendo la línea de pensamiento y la evidencia en la que se demostró que el otro parámetro de aprendizaje, los tiempos de reacción, mejoran con el aprendizaje explícito de la secuencia.

- Hipótesis XIV: *El conocimiento explícito de la secuencia beneficiará el aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través de la disminución del número total de errores en ambos grupos (menores y mayores) por igual.*

La ausencia de diferencia entre ambos grupos de edad, en lo que respecta al número de errores entre la memoria procedural implícita y explícita,

surge también del hecho de que no hay evidencia que la conexión entre ambos niveles de conciencia se modifique entre ambos grupos de edad.

Población-Muestra

Frente al objetivo planteado de evaluar y comparar en los dos grupos de niños estudiados, en qué medida el aprendizaje explícito se produce a través del aprendizaje implícito y si el mismo beneficia luego al aprendizaje implícito, resultó particularmente importante que la población estudiada fuese la misma a la que se le administró el Experimento I, a fin de otorgar mayor validez al estudio. Así es como se realizó el Experimento II al mismo grupo de niños (para las características demográficas de la muestra, véase pag. 67.). A su vez, es importante hacer constar que todos los niños evaluados con el experimento I participaron igualmente del experimento II y que, por consiguiente, no se agregaron más sujetos a la muestra.

Instrumentos

Tal como se describió en la página N° 70 del Capítulo II se administró a toda la población estudiada el experimento I del TTRS. Dentro del experimento I, se incluyó la pregunta sobre si los estímulos aparecían aleatoriamente o si, en cambio, parecían seguir una secuencia predeterminada. A su vez, en caso de que los niños/as respondieran que los estímulos se sucedían siguiendo una secuencia, se les pedía que la repitiesen, considerando que habían adquirido el conocimiento explícito cuando eran capaces de reproducir correctamente al menos cuatro componentes de la secuencia (Nissen y Bullemer, 1987). El propósito de incluir esta pregunta al final del experimento I fue doble. Por un lado, y tal como se había anticipado en el capítulo II, la intención fue evaluar si el posible aprendizaje evidenciado a través de la disminución de los tiempos de reacción era fruto del aprendizaje implícito. Por otro lado, se buscó evaluar si tomar conciencia de haber sido previamente expuesto a una secuencia beneficiaba el aprendizaje de la secuencia visomotora. Finalmente, al completar el experimento I, se administró el experimento II, que se describe a continuación:

Experimento II: Uso de la memoria explícita para el aprendizaje de una secuencia visomotora compleja.

Con el objetivo de evaluar y comparar en los dos grupos estudiados en qué medida el aprendizaje explícito beneficia el aprendizaje de una secuencia visomotora, se les enseñó a los niños la secuencia en que aparecían los estímulos, previo a la realización de un nuevo bloque. Para facilitar el aprendizaje, a cada tecla se le asignó un número y se les dio la siguiente consigna: *"Ahora vamos a volver a hacer la tarea, pero esta vez los perritos van a aparecer en un orden que te voy a enseñar"*.

El TTRS no comenzó hasta que los niños fueran capaces de repetir la secuencia numérica sin dificultades (se trataba de la serie 4231324231). Cabe aclarar que el aprendizaje era solamente verbal, pues a los niños no se les permitía mirar las teclas mientras aprendían la secuencia para que no imaginasen los movimientos que deberían realizar. El bloque constaba de 100 trials, cada uno dividido en secuencias de 10 estímulos.

Resultados

En primer término, se analizó la pregunta realizada a los niños/as sobre si consideraron que los perritos aparecían en una secuencia. En segundo lugar, se llevó a cabo el experimento II, con el objetivo de evaluar y comparar en los dos grupos estudiados en qué medida el aprendizaje explícito beneficia al aprendizaje de una secuencia visomotora. La metodología de análisis empleada para comparar los tiempos de reacción y el número de errores entre ambos grupos fue la misma a la descrita en la página 73, del capítulo II.

En relación al primer análisis llevado a cabo, se sacó el porcentaje de niños/as que en cada grupo estudiado (menores y mayores) tomaban conciencia de haber sido expuestos a la secuencia previamente y se llevó a cabo un análisis de varianza unidireccional (grupo x pregunta sobre secuencia) con el fin de evaluar si había diferencias entre ambos grupos. El resultado mostró una diferencia significativa $F(1,57)=11,57$; $p<,0012$) entre ambos grupos (Cuadro N° 3), evidenciando que un número significativamente menor de niños

pequeños (N=4) contestaron afirmativamente a la pregunta sobre si consideraban que los estímulos aparecían en un determinado orden; mientras que un grupo mayor de niños mayores (N=14) alcanzaron tal percepción (Hipótesis VII).

	Tomaron conciencia
Menores (Grupo I)	14%
Mayores (Grupo II)	48%

Cuadro N° 6

A su vez, tal como se especificó previamente, a todos los niños/as que contestaron afirmativamente a la pregunta sobre la posible aparición secuenciada de los estímulos se les pidió que repitiesen el orden en que aparecían localizados los estímulos. Llamativamente ninguno de los niños/as que afirmaron que existía una secuencia pudo dar cuenta de cuál era la misma, según el criterio especificado por Nissen y Bullemer (1987) que consideraba que debían haber adquirido conocimiento explícito si habían sido capaces de reproducir al menos cuatro componentes de la secuencia correctamente. Lo mismo contradice a la hipótesis VIII que formulaba que el grupo de niños que hubiera tomado conciencia de la secuencia habría adquirido mayor conocimiento explícito de la secuencia. A su vez los análisis estadísticos sobre las hipótesis IX y X, en torno a cómo el tomar conciencia de haber sido previamente expuestos a una secuencia beneficiaría el aprendizaje de la secuencia visomotora, fueron llevados a cabo únicamente con el grupo de mayores. Se escogió únicamente a este grupo, a partir del hallazgo de que el porcentaje de niños mayores que afirmó que los estímulos que aparecían en una secuencia es semejante al porcentaje de niños mayores que respondieron negativamente al interrogante sobre el posible orden de presentación de los estímulos. Por lo tanto, se procedió a evaluar en el grupo de niños mayores, si el tomar conciencia de haber sido expuesto a una secuencia beneficia el aprendizaje de la misma. Con tal objetivo, se realizó un análisis de varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x bloque (2)) en el grupo de niños mayores, entre aquellos que habían tomado conciencia de la existencia de una secuencia y aquellos que no lo habían logrado, comparando los tiempos de

reacción de los dos últimos bloques, el bloque IV, aleatorio y el bloque V, en el que se presenta la secuencia por tercera vez. Los resultados indicaron que el tomar conciencia de la existencia de la secuencia no beneficia el aprendizaje de la secuencia visomotora ($F(1,27)=.64$; $p<.4294$) medido a través de los tiempos de reacción, pues no hubo diferencia significativa entre los tiempos de reacción de ambos grupos (Gráfico N° 17). Lo mismo refuta la hipótesis formulada sobre que el tomar conciencia de la existencia de la secuencia beneficiaría el aprendizaje implícito de la misma, medido a través de los tiempos de reacción.



Gráfico 17

Con el mismo objetivo de evaluar en el grupo de niños mayores si el tomar conciencia de haber sido expuesto a una secuencia beneficia el aprendizaje de la misma, se procedió a realizar un análisis de varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x bloque (2)) en el grupo de niños mayores, entre aquellos que habían tomado conciencia de la existencia de una secuencia y aquellos no lo habían logrado, comparando en este caso el número de errores de los dos últimos bloques. Los resultados no evidenciaron diferencias entre el número de errores de ambos grupos ($F(1,27)=.11$; $p<.73$) (Gráfico N°18), refutando nuevamente la hipótesis sobre que el tomar conciencia de la existencia de una secuencia beneficia el aprendizaje implícito.

No obstante, al detenerse en el gráfico en cuestión, se observa que el número de errores del grupo que toma conciencia de la existencia de una secuencia es menor en ambos bloques que el número de errores del grupo de niños que no había tomado conciencia de la existencia de una secuencia. Sin embargo, la comparación entre el número de total de errores entre ambos grupos (tomaron conciencia vs. no tomaron conciencia) no es significativa ($F(1,27)=1,78$; $p<,1938$), la tendencia es llamativa (gráfico N° 19). Esto amerita cuestionarse sobre si esto es una tendencia que se observa desde el primer bloque, o, más bien, a partir de que se suceden los bloques, se evidencia que aquellos que consideran la posibilidad de existencia de una secuencia se tornan más cautos y cometen menor número de errores. Con tal fin, se realizó un análisis de varianza bidireccional ANOVA (grupo (2) x bloque (5)) entre ambos grupos de niños mayores y los cinco bloques. Lo mismo dio cuenta de que el número de errores se incrementa en forma más significativa en aquellos niños que no toman conciencia de la secuencia, pues en un inicio ambos grupos cometían la misma cantidad de equivocaciones ($F(4,108)=1,29$; $p<,2775$) (Gráfico N° 20). No obstante esta tendencia, es importante notar que no se llegan a alcanzar niveles significativos.

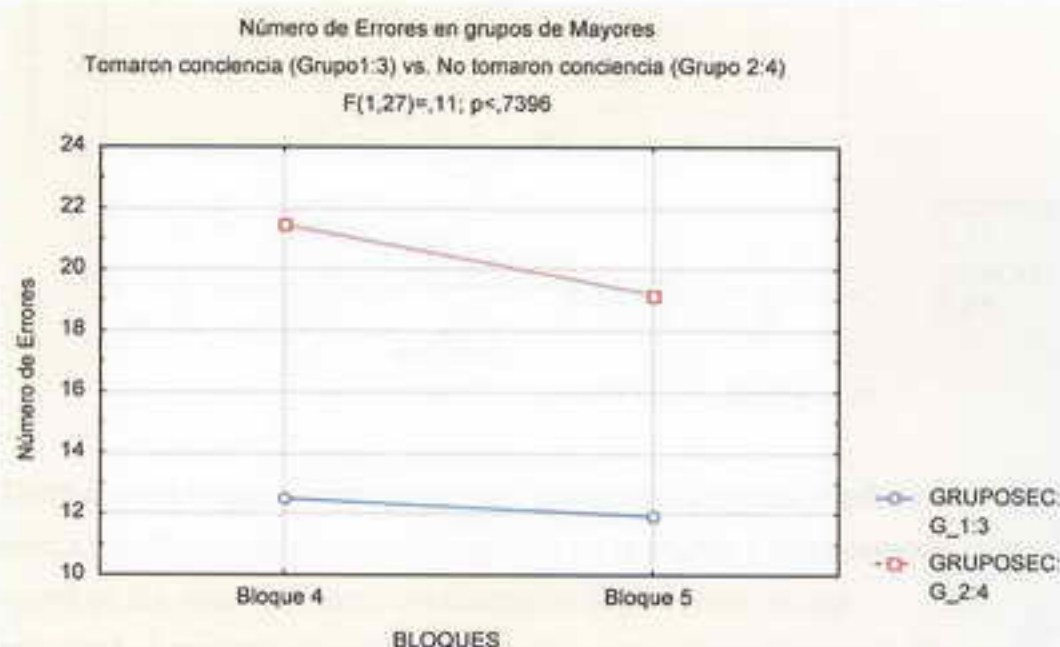


Gráfico N° 18

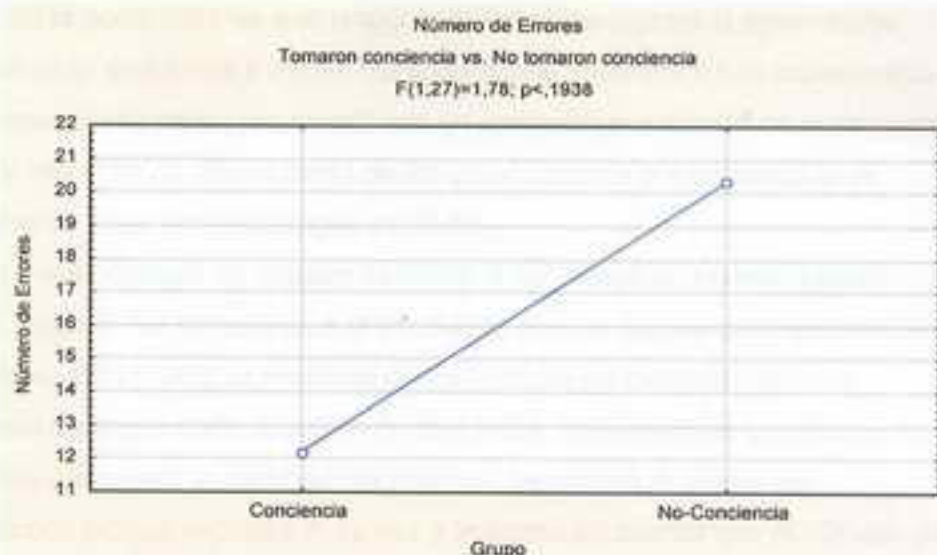


Gráfico N° 19

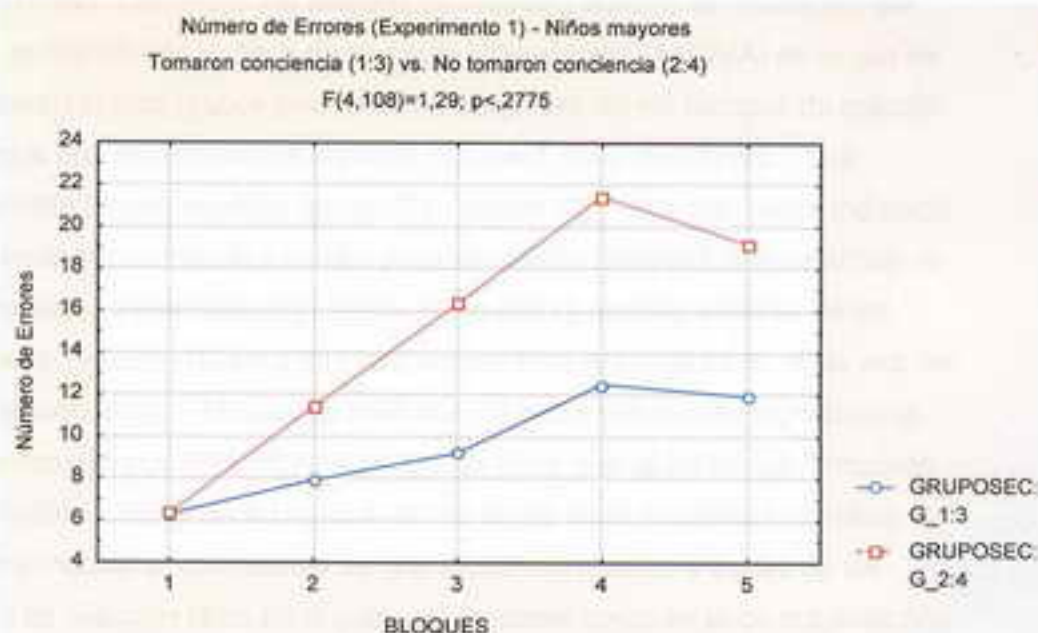


Gráfico N° 20

Dado que en la hipótesis XI se planteó que el conocimiento explícito de la secuencia beneficiaría el aprendizaje implícito de la misma y considerando que ninguno de los niños que tomó conciencia de la presencia de una secuencia logró el aprendizaje explícito, se llevó a cabo el experimento II. Es decir, el experimento II fue realizado con el fin de verificar si el conocimiento explícito de la secuencia beneficia el aprendizaje de la misma. Se lo diseñó

previando la posibilidad de que ninguno de los niños lograra el aprendizaje explícito de la secuencia a través del aprendizaje implícito. En el experimento II, el bloque presentado, por contar con un aprendizaje explícito de la secuencia previo y con el fin de diferenciarlo de los cinco bloques presentados en el experimento I, fue llamado *bloque explícito*.

La metodología de análisis estadístico empleada en el denominado *bloque explícito* fue semejante a la empleada con los bloques del experimento I. Se calculó, por un lado, la mediana de los tiempos de reacción de cada respuesta dada por cada sucesión de diez trials, obteniéndose un total de 10 medianas por sujeto. A partir de las mismas, se calculó la media del denominado *bloque explícito*. A su vez y teniendo en cuenta que el número de errores también representa una medida de aprendizaje, se obtuvo el número de errores total por niño. Asimismo, con el objetivo de investigar si el conocimiento explícito previo disminuye los tiempos de reacción durante la realización del TTRS, se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se compararon ambos grupos (menores vs. mayores) en los tiempos de reacción del bloque que denominamos implícito (bloque 5 del experimento I) y el denominado *bloque explícito* (grupo (2) x bloque (2)). Los resultados indicaron que el tener conocimiento explícito de la secuencia beneficia el aprendizaje de una secuencia visomotora ($F(1,56)=9.59; p<.0031$), medido a través de los tiempos de reacción (Gráfico 21), lo que corrobora la hipótesis XI. A su vez, de la interacción grupo x bloque, se halló que no había diferencias significativas entre ambos grupos ($F(1,56)=.14; p<.71$), es decir que tal como fue formulado en la Hipótesis XII, el aprendizaje explícito previo de la secuencia beneficia en la misma medida el aprendizaje de una secuencia medido a través de los tiempos de reacción tanto en el grupo de menores como en el de mayores (ver Gráfico 22).

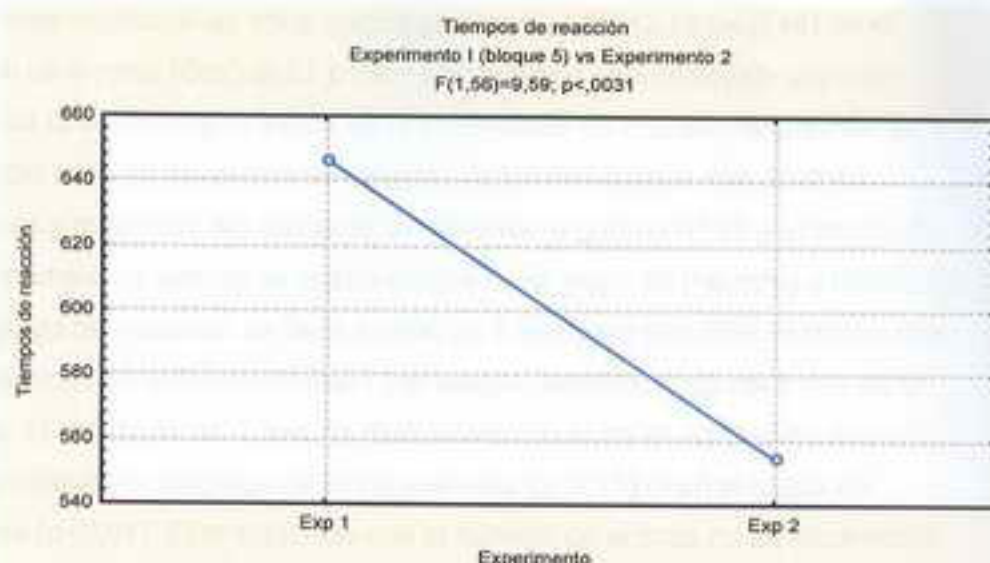


Gráfico 21

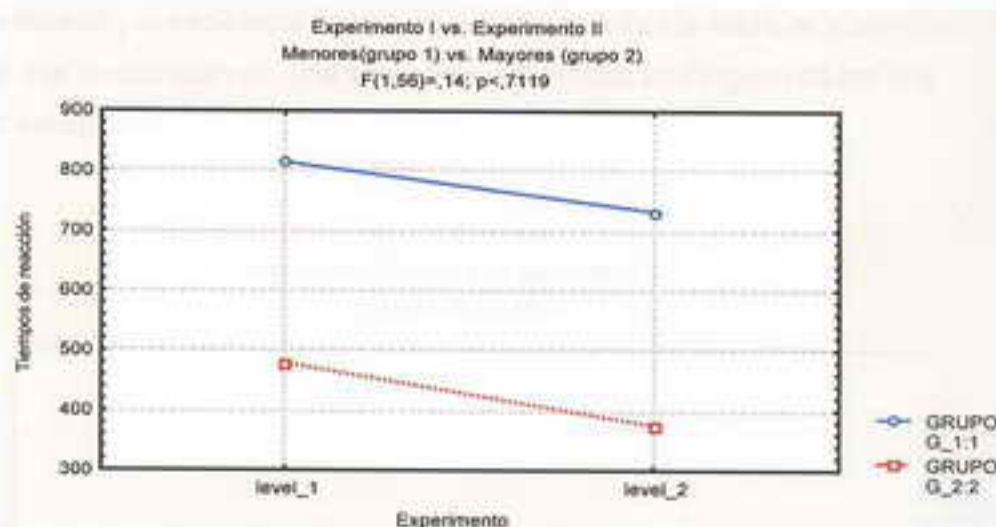


Gráfico 22

Con el objetivo de investigar si el conocimiento explícito previo disminuye el número de errores, se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se compararon nuevamente ambos grupos (menores vs. mayores) en la realización del bloque que denominamos implícito (bloque 5 del experimento I) y el bloque explícito (grupo (2) x bloque (2)). Los resultados indicaron que el tener conocimiento explícito de la secuencia no disminuye el número de errores ($F(1,56)=0,50; p<0,48$) (Gráfico 22), lo que refuta la hipótesis XIII. A su vez, de la interacción grupo x bloque se halló que no había

diferencias significativas entre ambos grupos ($F(1,56)=2,18; p<.0,14$) en el número de errores (Gráfico 23). Esto significa que el aprendizaje explícito previo de la secuencia no incide en el aprendizaje de una secuencia medido a través del número de errores en ninguno de los dos grupos estudiados (menores y mayores). No obstante, al observar el gráfico N° 23 y el hecho de que el número de errores se incrementaba en el grupo de menores y disminuía en el grupo de mayores, se llevó a cabo un T test para variables dependientes entre el bloque 5 del experimento I y el bloque explícito, para cada uno de los grupos. El resultado del T test no halló diferencia entre el número de errores de ambos bloques en el grupo de niños menores ($p<0,11$) ni en el grupo de mayores ($p<0,61$). Esto evidencia que el número de errores no se incrementa ni disminuye significativamente en ninguno de los dos grupos estudiados cuando se comparan el bloque implícito con el explícito. Es decir, la forma en que se aprendió la secuencia no es una variable que incida sobre el número de errores que se cometen en una secuencia visomotora en ninguno de los dos grupos estudiados.

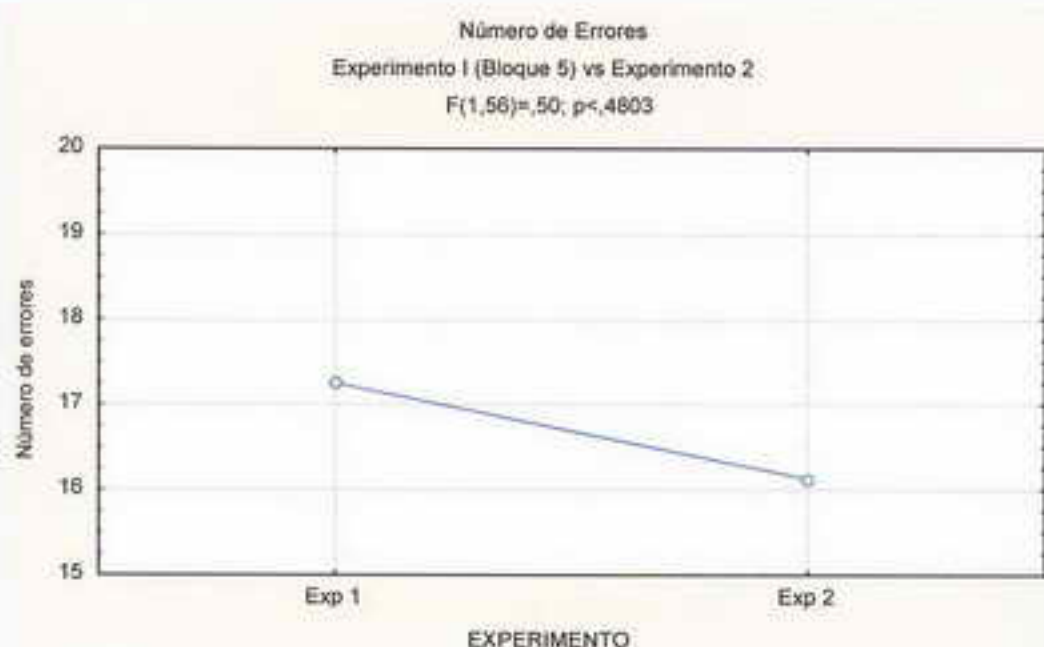


Gráfico N° 22

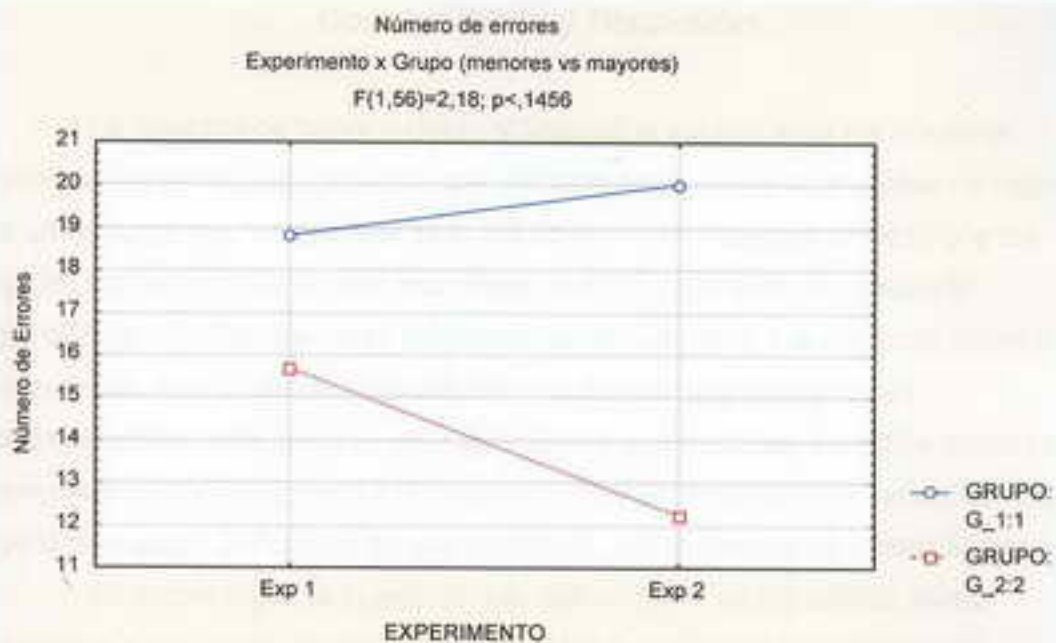


Gráfico N° 23

Conclusiones y Discusión

La novedad de haber incluido al finalizar el experimento I la pregunta sobre si los estímulos aparecían con una secuencia fue la oportunidad de llegar a un hallazgo muy interesante: la mitad de los niños mayores percibió que los estímulos se repetían en una secuencia, mientras que solo una pequeña porción de los niños menores respondió afirmativamente a la pregunta sobre la secuencia. A partir de este descubrimiento, cabría preguntarse cuán inconsciente o consciente es este aprendizaje que hace que los niños mayores respondan afirmativamente a la pregunta sobre la presencia de una secuencia, pero no puedan dar cuenta de ella repitiendo una secuencia de cuatro ítems.

En primer lugar se puede afirmar que un 69 % de los sujetos (entre menores y mayores) no adquirió conocimiento consciente de la secuencia, pues al explicitar al evaluador la posibilidad de una secuencia, lo negaron. El 31% restante se encuentra en un campo gris. Si nos preguntamos si los niños/as incluidos en este 31% cumplen con los requisitos de información y sensibilidad postulados por Shanks & St. John (1994) para que el conocimiento sea realmente inconsciente, la respuesta sería que tal vez pueda considerarse allí pero no necesariamente con los postulados. El criterio de información establecido de antemano fue que el sujeto pudiera repetir una secuencia de cuatro estímulos. Sin embargo, podría estar ocurriendo alguna de las siguientes situaciones:

- A. que los sujetos aprenden algo sobre las reglas de la secuencia (ej: el estímulo no aparece en forma consecutiva dos veces en la misma ubicación)
- B. los sujetos aprenden algo sobre la probabilidad estadística de que algo suceda (ej: dado que los estímulos ubicados en las posiciones uno y tres son más frecuentes que los localizados en las cucas dos y cuatro, y siendo una secuencia de diez estímulos, siempre va a haber diferente porcentaje de perros ubicados en algunas cucas en relación a otras)
- C. se vuelven más sensibles sólo a la sucesión de algunos pares de la secuencia

D. aprenden algún otro aspecto del material tal como patrones específicos de movimiento.

Por lo tanto, podemos pensar que sólo con este criterio de evaluación explícita del aprendizaje de una secuencia, es muy difícil cumplir con la rigurosidad de los criterios establecidos por Shank & St. John, ya que se deja a su vez a cierto porcentaje de niños en un campo gris en relación al nivel de conciencia del aprendizaje.

No obstante, si tal como Baddeley puntualizó, entendemos a este proceso de tornarse consciente lo inconsciente como una instancia más flexible, podemos comprender que la pregunta sobre la secuencia brinda una información muy parcial, pues es muy probable que tanto los que respondieron que existía una secuencia como aquellos que respondieron negativamente estén en un vaivén intentando descifrar cuan predecible es el lugar de aparición del próximo estímulo. De hecho, Lee (1997) en una curiosa investigación desafía el clásico criterio de aprendizaje de una secuencia mostrando que los sujetos en cuestión aprendieron algo sobre la estructuración del material y no la secuencia en sí. A partir de esto, se sugirió que el aprendizaje de una secuencia era una combinación entre aprendizaje implícito y explícito a nivel tal de que a los sujetos les era imposible plasmar su saber en varios tests (reconocimiento o predicción del próximo estímulo), pese a que, sin embargo aparecían mejores medidas de aprendizaje al ser informados de algunas de las reglas de sucesión de estímulos.

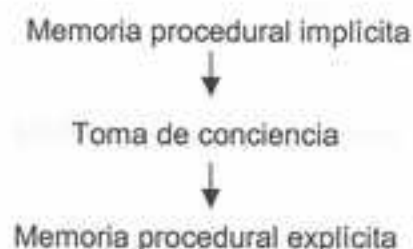
Hasta el momento, no hay trabajo alguno que se haya realizado esta pregunta en la población de niños. En los casos donde se ha realizado este estudio en adultos (Pascual Leone y colaboradores, 1992), no se ahondó en la razón por la cual algunos han tomado conciencia y otros no. En el trabajo de Thomas & Nelson (2001), si bien tampoco se preguntó a los niños sobre la existencia de una secuencia, sí se midieron el número de anticipaciones correctas. Las anticipaciones eran las respuestas dadas durante los bloques con secuencia, en forma más rápida que la respuesta más veloz realizada por el sujeto en los bloques aleatorios. Aquí, no se buscó prevenir el aprendizaje explícito por lo que se evidenció más clara y rápidamente que los niños mayores alcanzaron más conocimiento explícito de la secuencia y, en consecuencia, realizaron más anticipaciones correctas que los más pequeños.

En el presente trabajo, si bien ninguno de los sujetos alcanza conocimiento explícito de la secuencia, el grupo de niños mayores parece percibir algo más sobre esta posibilidad. Sin embargo, es importante no olvidar que esto no es suficiente para disminuir los tiempos de reacción o para considerar que transformarse en un aprendizaje explícito de la misma.

En el trabajo de Meulemans (1998), al igual que en la presente investigación, se trató de evitar el aprendizaje explícito de la secuencia y, si bien no se preguntó a los sujetos si consideraban que existía una secuencia, se realizó una fase de reconocimiento. Previo a dicha fase, se les informó a los sujetos de la existencia de una secuencia. Esta fase produjo un descubrimiento similar al hallado en la presente investigación: si bien ninguno de los tres grupos logró el aprendizaje explícito de la secuencia presentada en la prueba de reconocimiento, el grupo de adultos, a diferencia de los dos grupos de niños evaluados, tendía a decir más frecuentemente que había visto la secuencia (ya sea que la hubiera visto o no). Es decir que tanto en el estudio de Meulemans como en el presente, el grupo de mayores tiende a considerar más frecuentemente la posibilidad de que los estímulos cumplan cierto patrón. Esta coincidencia entre ambas investigaciones amerita considerar posibles explicaciones.

En primer lugar, siguiendo la teoría de Huettle y col. (2002) en relación a que la corteza prefrontal jugaría un rol en la búsqueda de un patrón de eventos aleatorios junto al hecho de que la misma madura más tardíamente, una probable hipótesis sería que cuanto más madura está la corteza prefrontal es mucho mayor la tendencia a buscar orden, tanto dentro de una sucesión de estímulos aleatorios como secuenciados. La segunda probable explicación surge de la teoría de Boyer M. y colaboradores (1998) que plantea que el aprendizaje podría provenir de la experiencia del mundo real que los sujetos poseen previo a la realización de la tarea, tal como buscar patrones y regularidades entre secuencias de estímulos. Nuevamente, los niños mayores como los adultos contarían con un mejor caudal de experiencia, lo que facilitaría la gradual toma de conciencia. Se logre hallar o no el patrón, la búsqueda sería el primer paso para encontrarlo, un paso también para que el aprendizaje implícito se torne explícito.

En suma, se puede afirmar solamente que hay un mayor porcentaje de niños mayores que consideran más probable la posibilidad de que los estímulos presentados sigan cierto patrón de aparición. Teniendo como punto de partida esta afirmación y retomando la diferenciación realizada por Willingham (1989) entre memoria procedural implícita y la memoria procedural explícita, podemos plantear la hipótesis de la existencia de un paso intermedio entre el aprendizaje implícito y explícito de la secuencia: la toma de conciencia de la existencia de una secuencia, que permitirá luego transformar el aprendizaje implícito en explícito (Cuadro 6). Por otro lado, dado que los evaluados no lograron repetir cuatro ítems consecutivos de la secuencia y que tampoco los niños que lograron tomar conciencia de la existencia de una secuencia mejoraron sus tiempos de reacción, es que se logró diferenciar entre la instancia de el "tomar conciencia" a de "la mejora en la tarea".

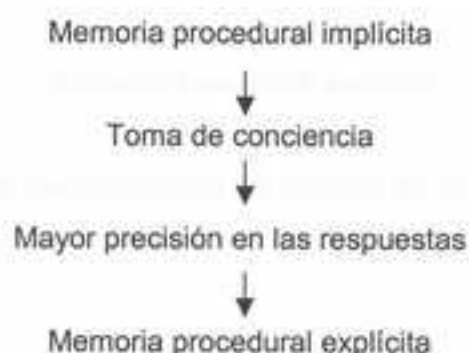


Cuadro 6

Los resultados evidenciaron que la toma de conciencia no mejora ni produce cambios en los tiempos de reacción. Sin embargo, los niños que tomaron conciencia adoptaron un perfil más preciso (con menor número de errores) a partir del segundo bloque en relación con aquellos que no tomaron conciencia. Esto deja espacio para pensar que una de las posibilidades de dicha respuesta sea que, a partir de considerar la posible presencia de una secuencia, el sujeto adopte un perfil más cauteloso y con mayor precisión que progresivamente lo lleva a focalizarse en la sucesión de estímulos.

Esta hipótesis no se contrapone con la hipótesis del paso intermedio entre el aprendizaje implícito y explícito, sino que le agrega un nuevo elemento: la precisión en las respuestas a partir de la toma de conciencia. Es decir, si los sujetos comienzan a considerar la posible existencia de una secuencia, ellos

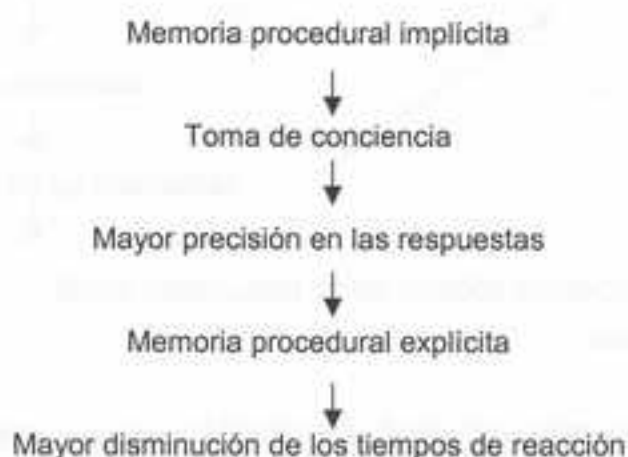
empiezan a buscar un posible patrón y esto trae aparejado un perfil más cauteloso en las respuestas en aquel grupo que considera la posibilidad de una secuencia. Por último, el hecho de precisar las respuestas progresivamente va tomando explícito dicho aprendizaje (Cuadro 7). En este trabajo, no se observó mejoría en los tiempos de reacción entre los dos grupos (niños mayores que consideran que existe una secuencia vs. niños mayores que no consideran esta posibilidad). De hecho, la evidencia recorrida hasta hoy dentro de la población pediátrica no permite afirmar con certeza que los niños de uno o ambos grupos alcancen el aprendizaje explícito de la secuencia. Esto ocurre porque tal vez sea necesario alcanzar conocimiento explícito de la secuencia para mejorar los tiempos de reacción, para lo que hubiese sido necesario continuar la tarea y evaluar si un mayor número de bloques permitiría el acortamiento en los tiempos de respuesta en el grupo que considera la posibilidad de existencia de una secuencia.



Cuadro 7

Siguiendo la línea de pensamiento y la hipótesis de Willingham y colaboradores (1989) en la que afirma que el aprendizaje explícito puede acelerar el aprendizaje implícito, fue realizado el experimento II con la misma metodología empleada por Pascual Leone (1992), en la que se enseñó a los sujetos la secuencia verbalmente previo a la realización del TTRS. Este diseño de aprendizaje de la secuencia en forma explícita y verbal, previo a la iniciación de la tarea, no había sido realizado anteriormente en niños. Por lo tanto, los resultados son valiosos por varias razones. En primer lugar brindan evidencia a favor de la teoría de Willingham sobre que el aprendizaje explícito acelera el

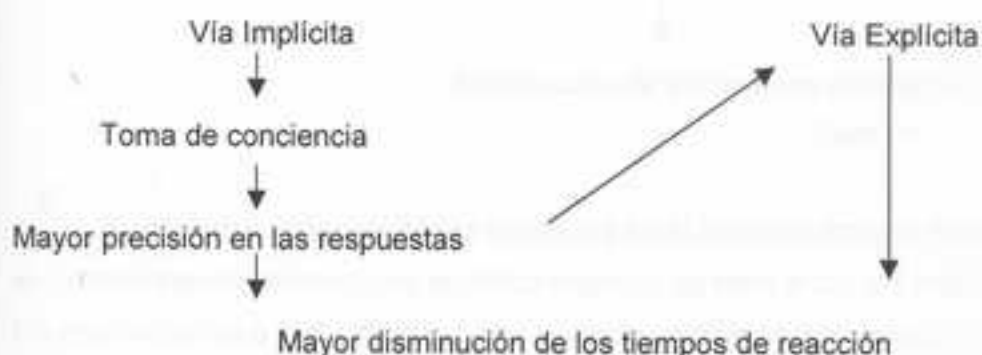
aprendizaje implícito, ya que los niños de ambos grupos mostraron beneficiarse del aprendizaje verbal de la secuencia previo a la realización del TTRS. En segundo lugar, esta evidencia también brinda un elemento más a lo presentado en el Cuadro 7, pues el hecho de haber podido comparar cómo los niños realizaban el TTRS en forma más rápida cuando ya habían aprendido la secuencia verbal y explícitamente, permite inferir que si el aprendizaje se torna explícito, se reducen aún más los tiempos de reacción. Por lo tanto, se puede incorporar un nuevo elemento a la hipótesis planteada: la presencia de un significativo acortamiento de los tiempos de reacción, cuando la secuencia se torna explícita (Cuadro 8)



Cuadro 8

Como se citó previamente ya, Baddeley refiere dos formas de aprendizaje que se producirían en paralelo, un proceso inconsciente, seguido por una capacidad gradual de crear y reproducir una modelo mental. El concepto de que ambos procesos no sólo son lineales sino paralelos es interesante, porque permite comprender cómo dos procesos pueden producirse en forma independiente y, al mismo tiempo, alimentarse el uno del otro. En el presente trabajo, dos secuencias semejantes fueron introducidas por dos vías diferentes: la implícita (durante el Experimento I) y la explícita (en el Experimento II). Con esto, se evidenció que la segunda logró disminuir más rápidamente los tiempos de reacción que la primera. Por lo tanto, si complementamos esta información con la teoría presentada hasta el momento,

se podría formular que las dos vías de aprendizaje de una secuencia visomotora son posibles. La vía implícita puede llevar a una primera disminución de los tiempos de reacción e incluso, a una posible toma de conciencia si la práctica continuara hacia un aprendizaje explícito de la secuencia (la denominada memoria procedural explícita). Mientras que, por otro lado, se puede producir un aprendizaje explícito de la secuencia previo, que lleva a una más rápida disminución de los tiempos de reacción (Cuadro N° 9).



Cuadro 9

Sin embargo, pensar en el modelo en forma tan unidireccional resulta insuficiente. El mismo Baddeley dice que los sujetos pueden fluctuar en grados de conciencia y especular sobre diferentes relaciones entre los estímulos. Siguiendo con la hipótesis de las dos vías de acceso planteadas, el sujeto podría toma conciencia de la posibilidad de una secuencia y postular una hipótesis explícitamente, la cual podría ser refutada al no predecir próximos estímulos y llevaría a formular nuevas hipótesis e incluso a considerar la posibilidad nuevamente de que los estímulos aparezcan aleatoriamente. En cualquiera de los casos, puede surgir una segunda hipótesis sobre la sucesión de los estímulos que tal como se postuló previamente podría ser confirmada o refutada. Por lo tanto, si ampliamos el nudo de nuestro diagrama, podríamos ver una cantidad de idas y vueltas que pueden terminar conduciendo o no a un conocimiento explícito (Cuadro 10). Esta hipótesis reafirma la conclusión de Lee (1997) quien deja en claro que el aprendizaje de una secuencia es una combinación entre aprendizaje implícito y explícito.



Cuadro 10

Si volvemos a los resultados obtenidos en el presente trabajo, estamos en condiciones de afirmar que, en niños mayores de siete años, los mismos brindan evidencia a favor de la existencia de dos procesos, uno implícito y otro explícito, donde el segundo logra mejores resultados que el primero, medidos en tiempos de reacción. A su vez Willingham (2002) ya había demostrado en adultos que aprender la secuencia en forma explícita previamente acelera los tiempos de reacción y que la práctica puede dar como resultado el aprendizaje explícito e incluso el acelerar los tiempos de reacción (Willingham, 1989). Si hacemos una conexión entre todos estos hallazgos, se puede concluir que cuando la secuencia es aprendida inicialmente en forma implícita, es probable que con la práctica se tome explícita y, por consiguiente, se logre una mejora más importante en los tiempos de reacción. Para lograr la explicitación del aprendizaje implícito a través de la práctica y la consiguiente mejora en los tiempos de reacción, sería necesario un canal de conexión entre ambos procesos. Ya Baddley sugería múltiples cambios en los niveles de conciencia en los sujetos frente a esta clase de tareas complejas y probabilísticas y Willingham & Goldert – Eschmann (1999) brindaban evidencia a favor de la transferencia de niveles de conciencia realizada gracias a la memoria implícita, por lo que podemos re-afirmar que existen dos procesos paralelos que interactúan el uno con el otro.

A su vez, en la presente investigación también se brinda evidencia a favor de un paso intermedio previo al momento en que el aprendizaje implícito se torna explícito: la toma de conciencia de la existencia de una secuencia. Esto sería necesario pero no suficiente para mejorar los tiempos de reacción y hallar la secuencia. Para analizar cómo se producen estos dos últimos pasos, se requieren nuevas y creativas pruebas que permitan lograr esta diferenciación, lo que sería extremadamente difícil de lograr pues cuando al sujeto se le explicita la posibilidad de existencia de un patrón se focaliza al sujeto inmediatamente en el proceso de aprendizaje explícito y en esta posibilidad de no aleatoriedad entre los estímulos.

El presente trabajo permite no sólo plantear una hipótesis sobre la existencia de un paso intermedio entre la memoria procedural implícita y la explícita, sino también en torno a que la toma de conciencia de la existencia de una secuencia sería una de los aspectos del aprendizaje de una secuencia visomotora que se vería modificado a lo largo del desarrollo. Esta hipótesis de una sucesiva evolución del aprendizaje implícito al explícito a través de una toma de conciencia se relaciona con la teoría de Karmiloff-Smith (1992, 1994) donde se proponen diferentes niveles de representación en el desarrollo cognitivo. En el primer nivel, las representaciones son codificadas de forma procedural (implícita), la información proviene principalmente del mundo exterior y el aprendizaje es relativamente inflexible e inaccesible a la conciencia. Luego, se produce una redesccripción, que permite una elaboración explícita de las representaciones. Asimismo, lo relevante de este modelo de redesccripción representativa es que considera que una misma representación puede co-existir en diferentes niveles representativos. Por ello, la teoría de Karmiloff-Smith brinda un marco teórico que permite explicar el progresivo pasaje del aprendizaje implícito al explícito a lo largo del desarrollo del niño.

A modo de cierre y en respuesta al objetivo planteado en este capítulo sobre en qué medida el aprendizaje explícito se produce a través del aprendizaje implícito y si el primero se beneficia a partir del aprendizaje implícito, cabe afirmar lo siguiente:

- 1) La toma de conciencia de la existencia de una secuencia sería uno de los aspectos del aprendizaje de una secuencia visomotora que se vería modificado a lo largo del desarrollo.

- 2) Los niños que consideran la posibilidad de una secuencia se tornan más precisos en sus respuestas.
- 3) El aprendizaje explícito y verbal favorece el aprendizaje de la secuencia visomotora en lugar de las repetidas exposiciones a un aprendizaje implícito, al menos a partir de los siete años de edad.

Esta última conclusión tiene una importancia fundamental en la enseñanza y se transforma en el aspecto más práctico y cercano a la aplicación directa en el ámbito educativo, pues brinda evidencia que a partir de los siete años, los niños están más preparados para que el aprendizaje sea brindado explícitamente. Claro está, dicha afirmación crea una serie de preguntas sobre el alcance, la generalización y posible aplicación de esta evidencia. En realidad, esta tercer conclusión abre las puertas para otras clases de aprendizaje implícito, como ser el aprendizaje de la gramática en la enseñanza de los idiomas, o bien la posibilidad de su aplicabilidad en niños menores de siete años. A la vez surge la pregunta sobre cuánto puede incidir la complejidad y longitud del aprendizaje o si esto es viable con una población de niños que requieren rehabilitación a causa de diversas patologías, etc. Como toda investigación, más son las preguntas que las respuestas brindadas, y muchas de ellas son imprescindibles para transformar el campo de la ciencia en general y de la neuropsicología en particular en un ámbito apasionante para continuar adentrándose.

Capítulo IV

Funciones ejecutivas y aprendizaje de una secuencia visomotora

Marco Teórico y estado actual del conocimiento

Corteza prefrontal y funciones ejecutivas

Los términos "funciones ejecutivas" y "funciones frontales" o "funciones prefrontales" se han estudiado en paralelo dentro del ámbito de la neuropsicología. Es más, en muchas ocasiones han sido empleados a modo de conceptos intercambiables, debido a que los efectos de las lesiones frontales sobre las funciones ejecutivas han sido una de las formas más frecuentemente empleadas para investigar las mismas. A su vez, la mayor parte de las teorías de funciones ejecutivas han tenido de hecho su raíz en los estudios neuropsicológicos de los lóbulos frontales. Por lo tanto, es fundamental realizar una breve reseña sobre la neuroanatomía de la corteza prefrontal, primero porque un gran número de las investigaciones ya mencionadas se centran en las consecuencias neuropsicológicas de lesiones en esta área. Segundo, porque un grupo más reciente de publicaciones se sirven de estudios por imágenes funcionales con el fin de correlacionar una función con la activación de una o varias áreas de la corteza prefrontal. En consecuencia, no se puede obviar la neuroanatomía de esta área cerebral que ha estado relacionada desde sus primeros descubrimientos a funciones neuropsicológicas que hoy en día forman parte de las denominadas funciones ejecutivas.

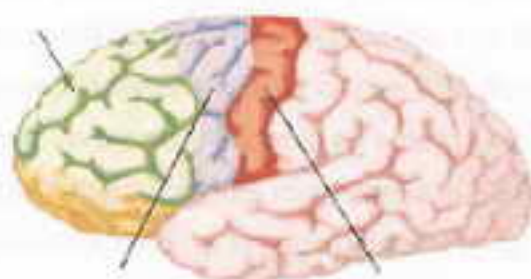
El 29 % de la corteza cerebral total está constituida por la corteza prefrontal. La corteza prefrontal es la corteza de asociación del lóbulo frontal y es una estructura anatómica y funcionalmente heterogénea. La corteza prefrontal recibe conexiones del núcleo mediodorsal del tálamo y está situada por delante de la corteza motora y promotora (áreas 4 y 6 de Broadmann). Basada en las divisiones del núcleo mediodorsal del tálamo, la corteza prefrontal puede ser dividida en tres grandes regiones neuroanatómicas: lateral, medial y ventral u orbital (Dibujo N° 9). Primero, la región magnocelular media del núcleo mediodorsal del tálamo se proyecta hacia la superficie ventral (orbital) de la corteza prefrontal (que incluye las áreas 12 y 13 de Broadmann). Esta región denominada orbitofrontal recibe información somatosensitiva, olfativa, gustativa y de procesamiento visual del objeto. Segundo, la región

parvocelular lateral del núcleo mediodorsal del tálamo se proyecta hacia la corteza prefrontal. Esta región recibe información de la corteza parietal. Por último, el área pars paralamellaris (más lateral) del núcleo mediodorsal del tálamo se proyecta hacia los campos visuales frontales (Manes, 2000). A su vez las tres regiones descritas están recíprocamente conectadas entre sí y con otras regiones corticales y subcorticales. Las regiones medial y orbital de la corteza prefrontal están, conectadas con el hipotálamo y las estructuras límbicas. Algunas de estas conexiones son indirectas, a través del tálamo. La región lateral envía sus conexiones a los ganglios de la base, además de estar conectada con las cortezas asociativas occipital, temporal y parietal. A su vez, existen conexiones límbico-prefrontales encargadas del control emocional de la conducta, mientras que las conexiones prefrontales-estriadas son responsables de la coordinación de la respuesta motora. Las conexiones entre el hipocampo y la corteza prefrontal lateral en particular podrían participar de una red de formación de memorias motoras o ejecutivas en la corteza prefrontal, aunque todavía se carece de suficientes estudios que den cuenta de lo mismo. Asimismo, todas las áreas de asociación posterior de la corteza envían proyecciones a la corteza prefrontal lateral (Jones & Powell, 1970), lo que transforma a la corteza prefrontal en un centro de convergencia sensorial y seguramente esta convergencia sensorial contribuye a la formación de redes de memoria ejecutiva y al rol de la corteza prefrontal lateral como integrador de funciones cognitivas (Fuster, 2002). Desafortunadamente, no es posible adscribir a cada una de las regiones de la corteza prefrontal una función fisiológica específica, a excepción del área ocho de Broadmann, cuya principal función es controlar el movimiento de los ojos. Sin embargo no hay duda en relación a que la función de la corteza prefrontal es heterogénea y que, si bien no puede ser dividida según su citoarquitectura, la misma tiene un rol en la organización de la conducta, así como en el lenguaje y la cognición. A su vez, múltiples estudios han asociado la corteza prefrontal anterior y cíngulo a la motivación e iniciación, la corteza prefrontal lateral a la memoria de trabajo y la región orbital al control inhibitorio de los impulsos.

Como se especificó, la corteza prefrontal presenta múltiples conexiones a estructuras de otras partes del cerebro, lo cual implica que gran cantidad de información sensorial y perceptual es procesada por el lóbulo frontal. A su vez,

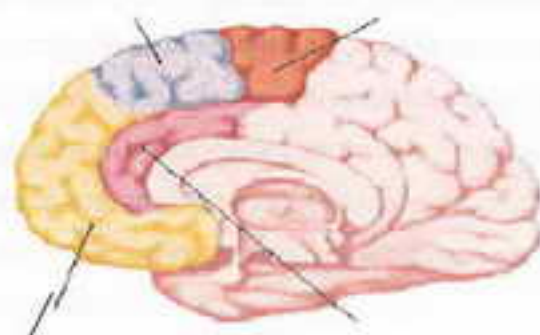
esta cantidad de conexiones evidencia que la corteza prefrontal requiere para "dirigir" una conducta de la información proveniente de otras regiones corticales y subcorticales, y que la eficiencia de tal conducta depende de la calidad de la información recibida. A partir de esta evidencia, se dispara la

Corteza prefrontal lateral



Corteza premotora

Corteza motora primaria



Corteza prefrontal ventromedial

Cíngulo anterior

pregunta sobre hasta qué punto los déficit causados por lesiones prefrontales son específicos de este daño, pues de hecho investigaciones con pacientes con daños en estructuras no pertenecientes a la corteza prefrontal presentan déficit similares a los causados por lesiones frontales (Bellebaum, C., Daum, I. 2007 ; Benke, T. y col., 2003; Gottwald, B., y col., 2004). En este caso, habría entonces dos razones por las cuales los daños a otras áreas corticales como subcorticales pueden producir efectos similares a los daños prefrontales. La

primera es que la función en cuestión esté mediada por un circuito que comprende no sólo a la corteza prefrontal; la segunda es que la otra lesión comprometa otra función que incida en el rendimiento de la misma tarea. Esto podría suceder porque muchas tareas complejas requieren para su realización no sólo de procesos cognitivos básicos, sino también de la organización y planificación de los mismos. Es decir, el resultado final deficiente de una tarea en la que se requiere un proceso básico sumado al de la organización y planificación, puede ser el mismo ya sea por dificultades en los procesos cognitivos más básicos como en la planificación y organización de la actividad.

A pesar del creciente interés en las funciones ejecutivas, hay poco consenso en la definición de las mismas tanto en niños como en adultos. Se trata de un constructo en continuo debate tanto desde el punto de vista psicológico como neuropsicológico. A lo largo del tiempo, se ha producido un cambio conceptual gradual, donde las primeras definiciones describían a las funciones ejecutivas como un proceso homogéneo e indiferenciado. En cambio actualmente, la mayor parte de los autores concuerdan en que el constructo teórico de funciones ejecutivas puede ser mejor entendido como un paraguas que cubre un grupo de subhabilidades interrelacionadas entre sí y necesarias para llevar a cabo un objetivo. Es decir, no habría una función ejecutiva, sino más bien un grupo de procesos relacionados entre sí y necesarios para llevar a cabo un objetivo. No habría una función ejecutiva, sino un grupo de procesos relacionados con los lóbulos frontales que convergen en un concepto general denominado funciones ejecutivas.

A continuación, se describirán algunas de las diferentes definiciones de funciones ejecutivas. Lezak (1993) se refiere a las funciones ejecutivas como la capacidad que permite a la persona completar satisfactoriamente una tarea en forma independiente y con un propósito predeterminado. Incluye cuatro componentes: (1) volición, (2) planificación, (3) conducta con propósito y (4) ejecución efectiva. Por otro lado, Stuss (2000), en un modelo integrador de las funciones ejecutivas, incluye un grupo de habilidades asociadas que permiten al individuo desarrollar objetivos, mantener en mente estos objetivos a lo largo de la ejecución y controlar las posibles interferencias. Es decir inhibir, planificar, desarrollar una estrategia y mantenerse en la tarea con la suficiente flexibilidad como para implementar cambios si así se lo requiriese.

Estas definiciones son útiles a los fines de la evaluación neuropsicológica, pues permiten incluir en la evaluación diferentes aspectos tales como la planificación, la resolución de problemas, el automonitoreo, la flexibilidad y el pensamiento abstracto. De hecho, la disfunción ejecutiva puede verse reflejada en incapacidad, para beneficiarse del feedback externo a fin de implementar un cambio, desinhibición, un pobre control emocional y un pensamiento errático, como en un pobre rendimiento tanto en los tests que evalúan planificación y organización, como en los que evalúan implementación de estrategias y resolución de problemas. Claro está que en niños, considerar estas conductas como disfunciones ejecutivas sería erróneo, puesto que se debe encuadrar el concepto dentro del desarrollo de las mismas. Asimismo, es importante no olvidar que el término "tests frontales" es problemático porque dichas pruebas no son sensibles ni específicas a lesiones frontales. Es decir, los tests neuropsicológicos empleados para evaluar funciones mediadas por el lóbulo frontal son multifactoriales y su bajo rendimiento puede ser causado por daños no relacionados directamente con el funcionamiento frontal.

Dado que cuando se trata de investigaciones centradas en las funciones ejecutivas, no es frecuente hallar suficiente número de pacientes con lesiones frontales bien definidas que permitan evaluar dichas funciones y considerando el hecho de que la realización de determinada tarea está relacionada con diferentes áreas del cerebro, se podría argumentar que las funciones ejecutivas son un constructo puramente psicológico relacionado solamente con un grupo de conductas observables, sin referencia a un substrato neuroanatómico. Sin embargo, por otro lado, la previamente mencionada asociación entre funciones ejecutivas y funciones frontales sugiere algún tipo de relación entre las funciones ejecutivas y la neuroanatomía de los lóbulos frontales. Incluso, se puede afirmar que la integridad de la corteza frontal juega un rol fundamental y vital en la mediación de las funciones ejecutivas. No obstante esto, gran parte de los investigadores que estudian las funciones ejecutivas concluyen que resulta difícil relacionar una conducta con un sistema neurofisiológico o un área neuroanatómica, así como también es arduo realizar claras diferenciaciones empíricas entre "tareas ejecutivas" y "tareas no ejecutivas". De hecho, los vastos intentos por distinguir entre "funciones ejecutivas" y "funciones no ejecutivas" han llevado a desarrollar una taxonomía funcional que distingue las

habilidades y conductas propias de las funciones ejecutivas de aquellas que no lo son. Rabbit (1997) es precisamente quien las enumera, como se verá a continuación:

1. En primer lugar, las funciones ejecutivas son necesarias para formular un objetivo, planificar la actividad, elegir entre las diferentes alternativas, iniciar el plan, corregirlo si es necesario hasta lograr el objetivo o, en caso contrario, reconocer la imposibilidad de éxito.
2. En segundo lugar, las funciones ejecutivas no son únicamente necesarias para manejar transacciones con el mundo externo, sino también con "información interna" procedente de la memoria a largo plazo. A su vez, las funciones ejecutivas van aún más allá de reestructurar la información del pasado en un intento de lograr activo control sobre el futuro, sino que son responsables de una evocación estratégica y planificada de memorias llevada a cabo por control voluntario.
3. Tercero, las funciones ejecutivas son necesarias para iniciar una nueva secuencia de conductas como interrumpir secuencias que se están llevando a cabo. Es decir, pueden inhibir y reemplazar respuestas automáticas en función de otras más apropiadas.
4. Cuarto, son necesarias para evitar que se produzcan respuestas inapropiadas al contexto.
5. Quinto, la doble tarea ha sido una excelente prueba para explorar las funciones que requieren planificación y control, pues la realización simultánea de dos tareas requiere una localización estratégica de la atención y la sincronización de respuestas con el fin de servir a las dos, en detrimento del rendimiento cuando ambas tareas involucran la misma modalidad sensorial o, más aún, cuando requieren de procesamiento ejecutivo.
6. Sexto, cuando se llevan a cabo nuevas tareas, las funciones ejecutivas son necesarias para monitorear el rendimiento de tal forma de detectar y corregir errores, alterar los planes cuando es claro que los iniciados no están conduciendo al éxito y reconocer oportunidades de nuevos objetivos y planes.

7. Las funciones ejecutivas, son necesarias también para sostener la atención por largos periodos de tiempo.
8. Por último, pero la más importante en función de la presente investigación, las tareas no ejecutivas no serían accesibles a la conciencia, mientras que las ejecutivas sí lo serían. Es decir la realización de cualquiera sea la tarea en que las funciones ejecutivas están jugando un rol, la conciencia sobre la misma es una parte inherente de dicha actividad.

En relación a la asociación entre funciones ejecutivas y funciones frontales planteada previamente, es posible adoptar dos perspectivas para referirnos a sus funciones. En primer lugar, conocer qué denominamos funciones ejecutivas y diferenciarlas de las no ejecutivas, aspecto que se describió en la página anterior. En segundo lugar, explicitar la funciones cognitivas de la corteza prefrontal. Claro está que existe una gran superposición entre ambos, pero también conocer las funciones neuropsicológicas atribuidas a esta área de la corteza resulta valioso pues puede brindarnos nuevos aportes que permitan comprender el rol prefrontal en al realización del TTRS.

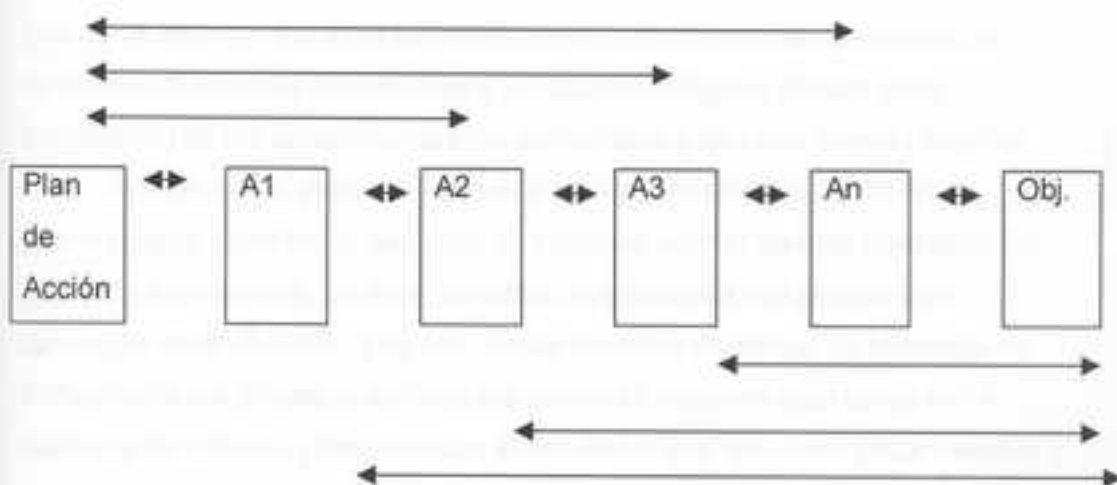
Dentro de las funciones cognitivas del lóbulo frontal, Fuster (2002) describe, *la integración temporal, la memoria de trabajo, la preparación para la acción y el control inhibitorio*. La *integración temporal* es considerada por Fuster la principal y más general función de la corteza prefrontal. Durante un evento rutinario o una serie de actos muy bien aprendidos, la secuencia puede ser realizada sin la intervención prefrontal (Cuadro N°11). Tal como evidenció Jueptner y colaboradores (1997) al pedir a un grupo de voluntarios que aprendieran una secuencia de ocho movimientos con sus manos, la corteza prefrontal se activó durante el aprendizaje, pero no durante la realización automática de la tarea una vez que la secuencia fue bien aprendida. Por lo tanto, la corteza prefrontal lateral se especializa en la estructuración temporal de una serie de acciones en pos de un objetivo, que puede ser estructurar un razonamiento, una conducta o una frase. Ella participa en la elección entre múltiples alternativas, en la toma de decisiones y al estructurar temporalmente las acciones. La organización temporal de secuencias nuevas y complejas de conductas no es posible sin la integración temporal de estímulos, acciones y

planes en función de un fin. Para lograr la integración temporal, es necesario el acceso a información sensorial, motora y mnésica, y sería el rol de la corteza prefrontal la integración temporal de todos los componentes necesarios en función de la meta (Cuadro N° 12). Ya Willingham adjudicaba a la corteza prefrontal un rol en la modalidad conciente de integración temporal. Afirmaba que la corteza prefrontal era *la encargada "not only maintains the proper sequence in working memory , but actually directs the movements by selecting the spatial end points targets when movements are made in the conscious mode"* ¹³(Willingham, 1998, pag. 572)

Tiempo



Cuadro N° 11



Cuadro N° 12

La memoria de trabajo es un de los componentes esenciales de la integración temporal, pues como la describió Baddeley (1986), la memoria de trabajo es la retención temporal de información con el objetivo de la resolución

¹³ no solo de mantener la secuencia de movimientos en la memoria de trabajo sino también de dirigir los movimientos en función de objetivos espaciales cuando los movimientos son realizados de modo conciente

de un problema o una operación mental. Es decir, es la capacidad de manipular información en mente activamente. La memoria de trabajo no es memoria a corto plazo, sino memoria por un corto plazo. En el modelo de memoria de trabajo, se redefine el modelo de memoria a corto plazo. Baddeley & Hitch (1974) observaron que realizando tareas como retener ocho dígitos, que se suponía deberían ocupar toda la memoria a corto plazo, todavía se podían ejecutar otras tareas que implicaba un uso de la memoria a corto plazo, como comprender frases o recordar una lista de items. Por lo tanto, la memoria de trabajo permite mantener los objetivos y subobjetivos en la resolución de problemas. Así, una predicción razonable de este modelo es que una interferencia en la memoria de trabajo se traduce en peores prestaciones en las tareas de razonamiento. A su vez, la memoria de trabajo también es necesaria en la comprensión del lenguaje, pues permitiría almacenar información parcial sobre un texto pronunciado o leído mientras se codifica el resto y trabajar sobre la información almacenada temporalmente para producir un significado coherente para el texto completo. El modelo de Baddeley & Hitch incluye tanto componentes de almacenamiento como de procesamiento de la información. Los almacenamientos sensoriales alimentan dos memorias de trabajo, un cuaderno de apuntes visoespacial y un bucle fonológico. Ambos usan información de los almacenamientos sensoriales y de otras fuentes internas.

Por otro lado, el ejecutivo central es responsable de operar la información y planificar la atención. El ejecutivo central permite mantener los objetivos en memoria, es decir, planificar los procesos requeridos para conseguir cada objetivo. A su vez, existe diferente demanda de memoria de trabajo para los procesos controlados donde se requiere gran carga de la memoria de trabajo, y los procesos automáticos que requieren poca atención y poca carga de la memoria de trabajo. Muchas habilidades cognitivas, perceptuales y motoras requieren una mezcla de procesamiento automático y controlado. Así como la memoria de trabajo es la función temporal retrospectiva de la integración temporal, la preparación para la acción es el componente temporal prospectivo y, de hecho, uno de los principales síntomas de los pacientes con lesiones prefrontales laterales es la incapacidad de llevar a cabo planes de acción.

Por último, otro de los roles de las funciones cognitivas del lóbulo frontal, es el control inhibitorio, responsable de suprimir los estímulos internos y externos que interfieren con cualquier conducta que se está llevando a cabo (ej: razonamiento, lenguaje, etc.). Las interferencias pueden tener diversas causas, pueden ser impulsos o bien pueden provenir del sistema sensorial o ser representaciones de acción, incompatibles con las acciones que están siendo llevadas a cabo. La evidencia clínica indica que el substrato neuroanatómico del control inhibitorio reside principalmente en la corteza prefrontal orbital y medial. La teoría de Barkley presenta importantes correlaciones con la de Roberts & Pennington (1996) que proponía una correlación entre la memoria de trabajo y el control inhibitorio, de manera tal de presentar los mismos limitados recursos. A su vez, al igual que Barkley, Roberts & Pennington no consideran que haya una diferencia entre el desarrollo normal y anormal, sino que existe más bien un continuo donde las fallas en las funciones ejecutivas devienen de fallas en la interacción entre la memoria de trabajo y el control inhibitorio.

Desarrollo de la corteza prefrontal y de las funciones ejecutivas

Es fundamental conocer el desarrollo de la corteza prefrontal y de las funciones ejecutivas porque cada vez hay más evidencia a favor de que diferentes trayectorias en el desarrollo de las estructuras neuroanatómicas impactan sobre las diversas funciones cerebrales superiores y sobre las redes neurales de las que ellas forman parte. Giedd (2004) halló que la sustancia gris prefrontal incrementa su volumen después del nacimiento, siguiendo un patrón de U invertida y con variaciones entre las diferentes regiones, para llegar a su máximo volumen a los once años y disminuir luego gradualmente. A su vez, el incremento de la sustancia gris parece ocurrir concomitantemente con la reducción sináptica (Hunttenlocher, 1990, Cassey y colaboradores, 2000). Esto coincide con el principio de Edelman (1987) en el que la reducción sináptica está asociada con la especialización de las redes cognitivas de la corteza cerebral y con la teoría de que la capacidad cognitiva durante la infancia coincide con una gradual pérdida de la sinapsis y con el fortalecimiento de las conexiones sinápticas restantes (Cassey y col. 2000).

En contraste con estos cambios en la sustancia gris, el volumen de la sustancia blanca prefrontal aumenta durante la infancia, adolescencia y juventud (Sowell, 2001). La mielina es la encargada de incrementar la conducción axonal y, por lo tanto, facilitar el procesamiento dentro de las redes de procesamiento cortical. Ya, St.James & Roberts (1979) sugirieron que las vías prefrontales serían las últimas en mielinizarse completamente, finalizando el proceso alrededor de los 20 años. Los cambios en la densidad neuronal, la sinaptogénesis de los lóbulos frontales y la reducción de la densidad sináptica se producirían a lo largo de toda la adolescencia. Uno de los posibles factores que pueden regular el desarrollo de este proceso a lo largo de la adolescencia tiene que ver con los cambios hormonales y el efecto organizador de las propias hormonas sobre los mecanismos neuronales y las funciones cognitivas. Sin embargo, la mielinización no es el único índice de maduración cortical; entre otros, se encuentra la prolongación de los axones y la arborización de las dendritas. Es importante hacer constar que el desarrollo de las dendritas y los axones del lóbulo frontal también se producirían después de la prolongación y arborización en otras áreas del cerebro.

Los estudios realizados por Thatcher (1991) con electroencefalograma sobre la maduración del lóbulo frontal, describen sus tres periodos de maduración. El primero, entre el nacimiento y los dos años; el segundo, entre los siete y nueve años; y un último periodo hacia el final de la adolescencia (entre los dieciséis y diecinueve años). Estos picos en el desarrollo estarían asociados al número y fuerza de las conexiones corticales, y cada vez hay más evidencia a favor de una maduración frontal que sigue un patrón escalonado, en lugar de uno progresivo como se pensaba previamente (Anderson, 2001). El desarrollo de la corteza prefrontal se correlaciona con el desarrollo cognitivo de niño. No obstante, a pesar del marcado interés en las funciones ejecutivas por parte de la investigación, la mayor parte de los estudios realizados sobre el desarrollo de las mismas en niños han sido contruidos sobre los principios del funcionamiento del lóbulo frontal en adultos, en lugar de teorías sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas. El riesgo de usar un modelo basado en adultos como indicador de funciones ejecutivas en niños radica en exponerse a perder la posibilidad de captar el proceso real de desarrollo de estas funciones,

puesto que es altamente probable que las funciones ejecutivas tengan determinado rol y funciones en niños, ya no presentes en la población adulta.

No obstante esta situación, los modelos sobre funciones ejecutivas en niños están comenzando a emerger. Uno de ellos, el de Barkley (1997) considera al control inhibitorio como la función principal para lograr un adecuado funcionamiento general de las funciones ejecutivas. En este modelo, el control inhibitorio comprendería la inhibición de las respuestas preponderantes, la capacidad de interrumpir un proceso que se está llevando a cabo y el control de interferencia. De esta forma, la inhibición contribuiría a la memoria de trabajo, la regulación del afecto, la motivación y el análisis y síntesis de la información. La teoría de Barkley fue formulada con el objetivo de comprender los complejos problemas conductuales y cognitivos de los niños con trastornos por déficit de atención e hiperactividad, que según la teoría expuesta no devendrían de un proceso anormal sino de un retraso en el desarrollo del control inhibitorio.

Uno de los primeros estudios que intentaron trazar la trayectoria del desarrollo de las funciones ejecutivas en niños mayores fue el de Passler (1985) quien, usando tests neuropsicológicos de adultos adaptados a la población infantil, evidenció que los niños de seis años ya presentaban conductas planificadas y con estrategias. Los resultados de Passler (1985) concluyeron que las funciones ejecutivas presentarían un desarrollo escalonado y que no llegarían hasta su máximo rendimiento hasta la edad de 12 años. Semejante fue el hallazgo realizado por Chelune & Baer (1986) con el test de Wisconsin Card Sorting Test (WCST), en el que los niños alcanzaban desempeños semejantes a los adultos a los doce años.

Estudios más recientes han administrado batería de tests con el objetivo de medir funciones ejecutivas. Este enfoque permite, no sólo conocer la trayectoria de desarrollo en cada una de estas tareas, sino también investigar la relación entre los puntajes hallados. Al evaluar 52 controles divididos en tres grupos de edad (siete y ocho años, nueve a doce y trece a quince años), Levin, Culchane y Hartman (1991) identificaron logros en todas las tareas, evidenciando mejorías en la formación de conceptos, la flexibilidad, la planificación y la resolución de problemas. A su vez, identificaron tres factores asociados a diferentes funciones de las funciones ejecutivas: el primer factor sería la

formación de conceptos y la asociación semántica; el segundo, el control de impulsos y la flexibilidad; y el tercero, la resolución de problemas. El primero y último presentaron un desarrollo gradual a lo largo de los tres grupos de edad evaluados, mientras que el segundo alcanzaría niveles adultos a los doce años.

Welsch, Pennington & Groisser (1991) también evaluaron controles entre los tres y los doce años con una batería de funciones ejecutivas. Los resultados fueron consistentes con el estudio de Passler (1985) en el que se halló que el desarrollo de las funciones ejecutivas se produce en forma escalonada y con las investigaciones que consideran a las funciones ejecutivas como multidimensionales, porque algunos aspectos maduran antes que otros. A su vez, se plantearon tres etapas de desarrollo: la primera iniciándose a los seis; la segunda a los diez; y la última durante el comienzo de la adolescencia. La habilidad para ignorar elementos distractores sería la primera en madurar, alrededor de los seis años, mientras que el control de impulsos alcanzaría niveles semejantes a los de los adultos a los diez años; y la planificación lograría el rendimiento adulto a los doce años.

Dentro de esta misma línea de investigaciones que estudian el desarrollo de las funciones ejecutivas y su multidimensionalidad, Brocki & Bohlin (2004), evaluaron a 92 niños entre seis y trece años con una batería de tests que estudian las funciones ejecutivas, encontrando resultados consecuentes con la multidimensionalidad de las mismas. El análisis factorial realizado arrojó tres factores independientes, interpretados como desinhibición, alerta/rapidez y memoria de trabajo/fluidez, cada uno con una trayectoria propia de desarrollo. Según los investigadores, la inhibición logra los mayores avances entre los siete y once años; la alerta y rapidez presenta los mayores logros entre los seis y nueve años; y por último la memoria de trabajo/fluidez consta de dos momentos de madurez: a los ocho, primero, y a los doce años en segunda instancia. El aspecto más rico del artículo de Brocki & Bohlin representó el hecho de hallar resultados concordantes con la teoría de Barkley, que sugiere que las funciones ejecutivas cuentan con dos líneas de desarrollo: el control inhibitorio y la memoria de trabajo. El factor denominado alerta/rapidez probablemente no sea una parte fundamental de las funciones ejecutivas sino, más bien, una habilidad cognitiva más primaria que, sin embargo, presenta una función reguladora con un impacto fundamental en las funciones ejecutivas.

Dentro de esta línea de investigaciones, Romine & Reynolds (2005) realizaron un meta-análisis a fin de desarrollar un modelo de desarrollo de las funciones frontales. De la revisión, se desprendió un modelo en el que las diferentes funciones del lóbulo frontal maduran en diferentes tiempos y mediante diferentes procesos. Entre los cinco y ocho años, habilidades tales como la formación de conceptos y la alternancia entre sets se encuentran presentes, y la fluidez verbal y de diseños como la inhibición de las perseveraciones muestran su mayor incremento. En cambio, entre los ocho y diez años, se desarrolla mayormente la inhibición de la atención, mientras que entre los once y catorce años se produce mejoría tanto en la fluidez verbal como en la planificación, cuyo desarrollo continúa evidenciándose hasta pasados los diecisiete años. Estas diferencias en la maduración observadas entre las diferentes habilidades cognitivas mediadas por el lóbulo prefrontal se relacionan con dos factores. El primero, consiste en que las diferentes partes de la corteza prefrontal maduran a diferentes ritmos, siendo la corteza prefrontal lateral la última en madurar. El segundo, plantea que todas estas funciones prefrontales no están aisladas de otras regiones subcorticales y corticales con sus propios ritmos de maduración. Los diversos factores de las funciones ejecutivas cuentan con distintas trayectorias de maduración, siendo las mismas reflejo del desarrollo de las diferentes áreas del lóbulo frontal y de la maduración de otras áreas de la corteza cerebral. Por ejemplo, la neurotransmisión desde regiones posteriores y subcorticales puede impactar en el funcionamiento de la corteza frontal y prefrontal, puesto que tiene cantidad de conexiones con la mayor parte de las regiones cerebrales. Es decir, la maduración de las regiones posteriores puede aumentar el funcionamiento de las regiones anteriores. Desde un punto de vista cognitivo, mayores habilidades mnésicas, un mejor lenguaje y la velocidad de procesamiento también tienen un impacto sobre las medidas de funciones ejecutivas.

Para concluir, se puede elaborar a partir de la evidencia recolectada que:

- a) el lóbulo prefrontal resulta en una de las últimas estructuras en alcanzar madurez.
- b) el desarrollo prefrontal, como el de las funciones mediadas por el mismo, sería escalonado y no progresivo.

- c) las funciones ejecutivas serían multifactoriales y como tales presentarían diferentes ritmos de maduración.

Rol de la corteza prefrontal durante la realización del TTRS

Hasta aquí, se ha realizado una reseña sobre la anatomía y función de la corteza prefrontal y su desarrollo así como de la definición y desarrollo de las funciones ejecutivas. Es imprescindible ahora abocarse tanto a los aportes de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora como a la relación entre las funciones ejecutivas y el TTRS. Dentro de los estudios que intentan explicar el rol de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia, existen múltiples estudios que evidencian que los pacientes con daño en la corteza prefrontal presentan déficits en el aprendizaje de una secuencia. Ejemplo de esto son las investigaciones de Shallice & Burgess (1991) en donde se demuestran dificultades de los pacientes con lesiones frontales para llevar a cabo múltiples comandos en un orden secuencial; y el estudio de Koechlin y colaboradores (1999), en el que se evidenciaron dificultades en resolver problemas con múltiples pasos.

Asimismo, concentrándose en el rol de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora, Gómez Beldarrían (2002) plantea la hipótesis de que la corteza prefrontal es la encargada de integrar las contribuciones del cerebelo y los ganglios de la base en el aprendizaje de la tarea, induciendo los cambios requeridos para el output motor. Más adelante y luego de comparar el rendimiento de pacientes con lesiones frontales realizando el TTRS y otras tareas de aprendizaje implícito pero que no requieren el aprendizaje de una secuencia, se plantea la hipótesis de que diferentes regiones de la corteza prefrontal tendrían diversos roles en el aprendizaje, siendo la región dorsolateral de la corteza prefrontal la responsable del análisis secuencial durante el aprendizaje implícito. En cambio, Willingham (1998) inicialmente teoriza que mientras la realización del TTRS se mantiene en el plano inconsciente, la corteza prefrontal no interviene, pero si los participantes aprenden la secuencia, la corteza prefrontal dorsolateral jugaría un rol en mantener la secuencia en la mente activamente (memoria de trabajo) y en dirigir estratégicamente los movimientos. No

obstante esto, recientes investigaciones llevadas a cabo por Robertson (2003) y Willingham (2002) desafían también la teoría de que la corteza prefrontal se activaría únicamente durante el aprendizaje explícito de la secuencia. De hecho en la novedosa adaptación del TTRS (Willingham, 2002) descrita en el capítulo II (véase página 54), Willingham concluye que la corteza prefrontal jugaría un rol secundario durante el aprendizaje implícito, tal vez no aprendiendo la secuencia, sino conduciendo la toma de conciencia de la misma. Es decir, la activación de la corteza prefrontal izquierda precedería los cambios necesarios para la toma de conciencia: las personas intentarían predecir dónde va a aparecer el próximo estímulo y se prepararían para responder de acuerdo a tal predicción. Tal activación representaría el primer paso en la construcción de una secuencia y sería el prerrequisito para la gradual toma de conciencia. Esta hipótesis de Willingham estaría respaldada por la investigación de Huettel y col. (2002) ya descrita en el capítulo III, (véase página 98), en la que se demostró que la corteza prefrontal juega un rol en la búsqueda de un patrón de eventos aleatorios. Huettel y colaboradores (2002) buscaron investigar si la corteza prefrontal procesa los cambios en patrones de eventos, llegando a concluir que la región postero-inferior y anterior de la corteza prefrontal dorsolateral *"evaluate predictive mental models of upcoming events on a moment to moment basis"*¹⁴ (Huettel, 2002, pag. 489).

En el caso particular del TTRS, con el objetivo de disociar los diferentes aspectos en el aprendizaje de una secuencia y de esta forma identificar cual de los mismos incide en el aprendizaje de una secuencia, Robertson y col. (2001) diseñó tres diferentes clases de TTRS. En la primera clase o la clásica, el estímulo aparece en uno de cuatro lugares. En la segunda clase, se emplea una secuencia formada por cuatro colores que aparecen en el centro de la pantalla; y por último la clase mixta, combina los dos estímulos según color y posición. Mediante este diseño, se puede estudiar el rol de la corteza prefrontal en una secuencia donde no esté implicada la posición de los estímulos. La investigación de Robertson y colaboradores (2001) que empleó este novedoso diseño fue llevada a cabo junto a la implementación de estimulación magnética transcraneana (EMT) para impedir el normal funcionamiento del área

¹⁴ evalúan modelos mentales predictivos de eventos venideros basándose en un análisis momento a momento

estimulada. A partir de este estudio, se observó que cuando se estimulaba la corteza prefrontal dorsolateral y el sujeto debía aprender la secuencia formada únicamente por colores, el aprendizaje no era afectado; en cambio, cuando la secuencia estaba representada por una posición diferente de los estímulos, el aprendizaje no se producía. Los resultados sugieren que el rol de la corteza prefrontal dorsolateral en el aprendizaje de una secuencia está relacionado con el procesamiento espacial de los estímulos. Este hallazgo contradice ciertas teorías anteriores que asignaban a la corteza en cuestión un rol en el procesamiento temporal de la información, más allá de la modalidad. La investigación de Robertson, en cambio, sugiere que la organización temporal y el aprendizaje temporal se limitan a pistas espaciales. A su vez, se plantea la hipótesis de que la contribución de la corteza prefrontal dorsolateral en el aprendizaje de la secuencia es el retener, manipular y transformar las pistas espaciales en la memoria a corto plazo previo a que sea usada por otras regiones corticales y subcorticales. Esta hipótesis nace del rol adjudicado a la corteza prefrontal dorsolateral en la memoria de trabajo espacial.

La mayor parte de los estudios, que investigan la posible participación de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora, se centran en el desempeño de pacientes con daño cortical en dicha área o bien en estudios con neuroimágenes o estimulación magnética transcraneana durante la realización del TTRS en controles normales. Hasta la fecha, sólo dos estudios de Gómez Beldarían y colaboradores (1999 y 2002) suman a estas investigaciones, una batería neuropsicológica para evaluar las funciones ejecutivas y correlacionar su rendimiento con tareas que evalúan el aprendizaje de secuencias visomotoras. En dichas investigaciones, la memoria de trabajo fue evaluada mediante dos tareas diferentes. En una ocasión, mediante un test se pedía a los sujetos repetir tres consonantes y, tras un distractor, volvieran a repetirlas. En la segunda ocasión, a través de un test computarizado de rendimiento continuo, con clara evidencia que se activaba la corteza prefrontal dorsolateral en sujetos normales. En dichos estudios, sólo se halló una moderada correlación entre la memoria de trabajo (capacidad para manipular información en la mente activamente "on-line") y el TTRS. Asimismo, la correlación entre tests que evaluaban atención y flexibilidad fue muy baja y no hubo correlación alguna con los tests que evaluaban planificación y fluidez. A

partir de la moderada correlación entre el TTRS y la memoria de trabajo, Gómez Beldarian concluye que, debido a que en el TTRS hay una secuencia que aprender, es probable que la misma cargue mínimamente la memoria de trabajo (debido a que el aprendizaje es implícito) y, por consiguiente, la corteza prefrontal dorsolateral se encuentre relativamente implicada en el análisis secuencial del aprendizaje de una secuencia visomotora.

Hipótesis, Metodología y Resultados

Objetivos e Hipótesis

El próximo objetivo surge a partir de tres líneas de investigación. La primera examina el rol de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora. La segunda estudia las diferentes trayectorias de desarrollo de las diferentes estructuras del sistema nervioso. La tercera investiga la asociación entre las denominadas funciones ejecutivas y las funciones mediadas por la corteza prefrontal.

Dado que las investigaciones actuales no sólo no presentan un acuerdo sobre el rol de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora sino que tampoco logran un acuerdo absoluto sobre su participación y que, por otro lado, los trabajos más actuales sobre el desarrollo del sistema nervioso coinciden en que la corteza prefrontal sería la última en alcanzar la maduración, la infancia resulta un grupo de edad propicio para investigar la probable participación de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora, puesto que los niños presentarían un desarrollo más lento en estructuras neuroanatómicas sobre las que se discute su participación y rol en el aprendizaje de una secuencia visomotora. A su vez, teniendo en cuenta la indiscutible asociación entre corteza prefrontal y funciones ejecutivas, sería valioso comparar el rendimiento en las funciones ejecutivas con el aprendizaje de la secuencia visomotora. Para ello, fue administrada a la población elegida una batería de tests neuropsicológicos que evalúan funciones ejecutivas, con el fin de brindar evidencia a favor o en contra de la probable participación de la corteza prefrontal en el aprendizaje de una secuencia visomotora y comparar ambos rendimientos en los dos grupos de edad seleccionados. En resumen, a partir de estas tres líneas de investigación, se formula el siguiente objetivo:

Comparar el rendimiento entre el aprendizaje de una secuencia visomotora y el rendimiento en funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal.

A partir del presente objetivo se formularon las siguientes hipótesis:

- Hipótesis XV: *El aprendizaje de una secuencia visomotora presentará correlación con la memoria de trabajo.*

Esta hipótesis se desprende, en primer lugar, de la teoría de Willingham (1998) que adjudica a la corteza prefrontal dorsolateral el rol de mantener la secuencia en mente activamente (memoria de trabajo) así como en dirigir estratégicamente los movimientos. En segundo lugar, se apoya en la investigación de Robertson (2001) quien sugiere que la contribución de la corteza prefrontal dorsolateral en el aprendizaje de la secuencia es la de retener, manipular y transformar las pistas espaciales en la memoria de trabajo previo a ser usada por otras regiones corticales y subcorticales. En tercer lugar, se ha de considerar la hipótesis de Huettel y colaboradores (2002), que adjudica a la región postero-inferior y anterior de la corteza prefrontal dorsolateral el rol de evaluar modelos mentales momento a momento; y por último, están los estudios de Gómez Beldarrian (1999 y 2002) en los que, tras administrar a controles y pacientes con daño prefrontal el TTRS y una batería de funciones ejecutivas, se halló correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora, concluyendo que es necesario para el aprendizaje de una secuencia una cierta participación de la memoria de trabajo para mantener en mente los estímulos que se suceden, pero que la participación no es significativa debido a que el aprendizaje es, en su mayor parte, implícito.

- Hipótesis XVI: *El aprendizaje de una secuencia visomotora no presentará correlación con las restantes funciones ejecutivas evaluadas: alternancia entre sets, categorización, flexibilidad, rango atencional y planificación.*

Esta hipótesis tiene como única fuente la investigación de Gómez Beldarrian (1999 y 2002) donde, al correlacionar funciones ejecutivas y aprendizaje de una secuencia visomotora, no se halla correlación alguna entre

ambas, más allá de la ya mencionada correlación con la memoria de trabajo. A su vez, si bien hay bibliografía que adjudica a la corteza prefrontal dorsolateral un rol en el aprendizaje de una secuencia visomotora (como ser Gómez Beldarrían, 2002 o Robertson, 2001) y hay unanimidad de criterio en los autores acerca de lo fundamental de esta estructura en la memoria de trabajo también hay evidencia de que la corteza prefrontal dorsolateral es requerida en tareas de planificación, categorización y flexibilidad (Papazian, Alfonso & Luzondo, 2006). No obstante, el rol de la corteza prefrontal dorsolateral en el aprendizaje de una secuencia visomotora no ha sido adjudicado en ninguna ocasión a estas últimas funciones, sino a la manipulación y transformación en mente de estímulos espaciales (Robertson, 2001), al análisis secuencial de la información (Gómez Beldarrían, 2002) y al procesamiento de cambios de patrones de eventos que exige mantener el patrón en mente (Huettler, 2002).

- Hipótesis XVII: *La correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora será mayor en el grupo de niños mayores.*

La presente hipótesis se desprende, en primer lugar, de las múltiples investigaciones que han demostrado el mayor desarrollo de la corteza prefrontal en niños mayores y su consecuente mejor rendimiento en tests que involucran la memoria de trabajo (Brocki & Bohlin, 2004; Giedd, 2004). En segundo lugar, de los estudios de Gómez Beldarrían (1999, 2002) en los que se demostró correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora. Si los niños mayores presentan un mejor desarrollo de la memoria de trabajo, esto se plasmará en una mayor correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia en el grupo de niños de mayor edad.

- Hipótesis XVIII: *El grupo de niños que tomó conciencia de la secuencia presentará mayor correlación entre la memoria de trabajo con el aprendizaje de una secuencia visomotora que aquel grupo que no tomó conciencia de la secuencia.*

A partir de la bibliografía y la teoría que propone una hipótesis acerca de que una de las funciones del lóbulo prefrontal en el TTRS sería la conducción a una gradual toma de conciencia sobre la presencia de una secuencia previo al análisis sobre dónde va a aparecer el próximo estímulo (Willingham, 2002), surgió la posibilidad de comparar tanto al grupo de niños que consideró la posibilidad de que los estímulos se sucediesen en determinado patrón como al que no lo consideró. A partir de esto, se planteó que aquellos niños que tomaban conciencia de la secuencia presentaban un mejor desarrollo de la corteza prefrontal, lo que se manifestaría en un mejor rendimiento en tareas que involucran tanto la memoria de trabajo como el aprendizaje de una secuencia visomotora.

Evaluación Neuropsicológica

Dígitos en orden Directo (Extraído de Subtests de Dígitos de la Escala de Inteligencia de Wechsler– Tercera Edición (WISC III): El subtest de dígitos fue incorporado a la batería neuropsicológica administrada con el fin de evaluar el número de estímulos que el sujeto podía recordar a corto plazo. En el mismo, el niño/a debe repetir una serie de dígitos en el orden dado inmediatamente después de escucharlos. La cantidad de dígitos que el niño/a debe repetir se va incrementando gradualmente y, en cada ocasión, se le brindan dos series con la misma cantidad de dígitos, independientemente de que haya fracasado o no en la primera serie. Si el niño/a repite correctamente ambas series, entonces recibe dos puntos; mientras que si logra una sola, obtiene sólo un punto. La prueba se interrumpe si la persona no logra repetir correctamente ninguna de las dos series presentadas. Dado que este subtest del WISC no fue incorporado como parte del screening sino como parte de la evaluación neuropsicológica, se tomó el puntaje bruto de los dígitos en orden directo, así como el puntaje para realizar las correlaciones posteriores. La consigna dada al grupo de niños/as fue la siguiente:

“Voy a decir algunos números. Escucha atentamente y, cuando yo termine, repítelos enseguida.”

Dígitos en orden Inverso (Extraído de Subtests de Dígitos de la Escala de Inteligencia de Wechsler– Tercera Edición (WISC III): En el subtest de dígitos en orden inverso, el niño/a debe repetir una serie de dígitos en orden inverso, es decir de atrás para adelante, de modo tal de poder evaluar la memoria de trabajo. Al igual que con los dígitos en orden directo, la cantidad de dígitos que el niño/a debe repetir se va incrementando gradualmente y la prueba se interrumpe si no se logra repetir correctamente ninguna de las dos series de dígitos presentados. La consigna dada es la siguiente:

"Ahora voy a decir otros números, pero cuando yo termine, quiero que los repitas al revés, de atrás para adelante. Por ejemplo si yo digo 8 – 2, ¿qué tenés que decir vos?"

Trails Making Test parte A y parte B: Este test mide el rastreo visual, la atención y la flexibilidad. Es una herramienta útil para detectar déficits atencionales y de concentración, así como las dificultades en la coordinación ojo-mano, el scanning visual y, sobre todo, las dificultades en alternar entre dos sets de estímulos (Mitrushina 1999) dado que es un test sensible a disfunciones frontales. La versión para niños del Trails Making Test consta de dos niveles, donde previamente a la realización de cada uno se administra una hoja de práctica con una versión breve de la tarea a realizar para garantizar absoluta comprensión de la consigna. El nivel o parte A consiste en 15 círculos ubicados pseudo-aleatoriamente en una hoja (Anexo N° 3). Cada círculo contiene un número del 1 al 15 en su interior. El niño debe unir los números con un lápiz en orden creciente. Este nivel brinda un basal de rapidez en la búsqueda visual y en el funcionamiento visomotor. La consigna leída es la siguiente:

Trails A Práctica: *"Aca tenés una serie de números que tenés que unir de menor a mayor, lo más rápido que puedas, comenzando por acá"*

Trails A: " Esto es lo mismo pero más grande, tenés que unir los números del menor al mayor lo más rápido que puedas, comenzando por acá"

En la parte B del Trails Making Test se le presenta al niño/a quince círculos con números y letras en su interior, distribuidos pseudoaleatoriamente en una hoja, y se le muestra cómo debe intercalar números y letras (Anexo N° 4). Los números deben seguir un orden creciente y las letras deberán estar ordenadas alfabéticamente. Este nivel incorpora un componente adicional de flexibilidad mental y alternancia entre sets. Durante la realización de cada nivel se toma el tiempo, siendo el tiempo final de cada nivel el puntaje a tener en consideración para la posterior medición final. A su vez, la diferencia entre el nivel A y B brinda información adicional sobre cuánto se complejiza la tarea para el sujeto cuando se agrega la variable 'flexibilidad'. La consigna dada es la siguiente:

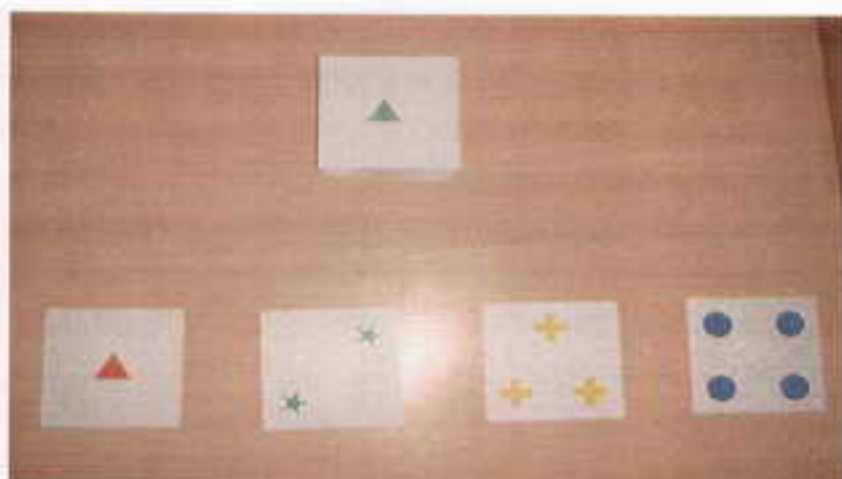
Trails B Práctica: "Aca tenés una serie de números y letras que tenés que unir, intercalando primero un número, después una letra. Los número deben ir de menor a mayor, las letras en orden alfabético. Lo tenés que hacer lo más rápido que puedas, comenzando por acá"

Trails B: "Esto es lo mismo pero más grande, tenés que intercalar un número, después una letra lo más rápido que puedas, comenzando por acá"

Wisconsin Card Sorting Test (WCST): Este test evalúa la habilidad para desarrollar y mantener adecuadas estrategias de resolución de un problema. En este caso, se requiere de capacidad de categorización y de la posibilidad de beneficiarse del feedback del otro para cambiar una respuesta, con el propósito de evaluar tanto la habilidad de resolver problemas como la tendencia a perseverar en una tarea y la flexibilidad. El test consta de 128 cartas con diferentes formas (cruces, círculos, estrellas y triángulos), colores (rojo, azul, amarillo y verde) así como números (uno, dos, tres y cuatro elementos). Al niño/a se le presentan cuatro "cartas guía" en el siguiente orden: un triángulo

rojo, dos estrellas verdes, tres cruces amarillas y cuatro círculos azules. A su vez, se le da un mazo con 64 cartas similares a la configuración general de las "cartas guía", pero con algunas variaciones en color, número y forma. De esta manera, se le pide que las coloque debajo de las cartas guía, agrupándolas de la forma que él considere correcta (Dibujo N° 10). El niño/a debe extraer una carta por vez y se espera que las pueda ordenar en diferentes categorías. La primera categoría es el color y el niño debe ubicar diez cartas correctas consecutivamente, para dar paso a la siguiente categoría y completar un total de seis: color, forma, número, color, forma, número, en dicho orden. La prueba termina cuando el niño logra las seis categorías o se termina el mazo. El evaluador no podrá dar más información al niño/a que la consigna y las respuestas "correcto" o "incorrecto" frente a cada elección. Los puntajes que se derivan de la siguiente prueba son: número de categorías, número de errores y número de perseveraciones. La consigna dada se transcribe a continuación:

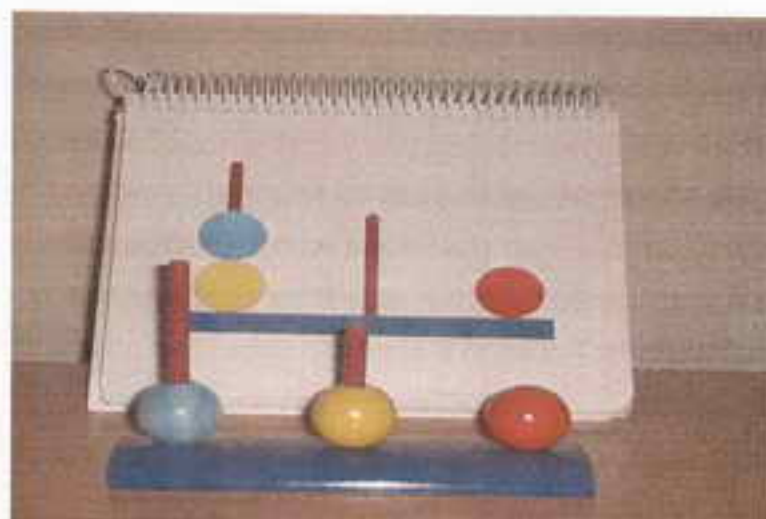
"Esta es una tarea relativamente inusual, porque yo no te puedo decir mucho de cómo hacerla. Acá hay cuatro cartas (señalándolas) que son las cartas guía o modelo. Vos vas a tener que sacar una carta por vez de este mazo (señalándolo) y colocarla con alguna de las cuatro cartas modelo (señalar cada una). Vas a tener que sacar siempre la primera carta y ponerla debajo de la carta guía como a vos te parece que corresponda. Yo no te puedo decir mucho sobre dónde poner las cartas, pero en cada ocasión te voy a decir si lo estás haciendo correcta o incorrectamente. Si la pusiste en el lugar equivocado, dejá la carta donde la pusiste y sacá la que sigue. Este test no tiene límite de tiempo. ¿Estás listo?"



Dibujo N° 10

Torre de Londres: Con este test, se evalúa la resolución de problemas, automonitoreo, autorregulación y planificación. La torre está compuesta por una base de la que salen tres vástagos de diferente altura y tres pelotas de diferentes colores (rojo, azul y amarillo), ordenadas de una forma predeterminada. El test consta de 20 ítems, en los que se les pide a los niños que ordenen una serie de pelotas de colores en una determinada cantidad de movimientos y bajo ciertas reglas. Las pelotas deben ser ordenadas de acuerdo a una configuración pre-establecida y presente en una lámina que se muestra como estímulo (Dibujo N° 11). Cada vez que el niño finaliza un ítem, ya sea correcta o incorrectamente, las pelotas vuelven a su lugar original para dar comienzo al segundo ítem, donde se presenta la siguiente lámina-estímulo. La consigna que se le da al niño es la siguiente:

"Vamos a jugar con esta tres pelotitas. Mostrame la roja..., la azul..., la amarilla... Se pueden mover de un lado a otro (se le muestra). Este juego tiene ciertas reglas. Solamente se puede mover una pelotita por vez. Las pelotitas deben ir de un palito a otro y quedarse allí hasta que no necesites moverlas nuevamente. Por ejemplo, puedo mover la pelotita roja de aquí para allá (se le muestra) y quedan como en el dibujo. Ahora vamos a hacer otros y en cada una, yo te voy a decir cuantos movimientos podés hacer".



Dibujo N° 11

Resultados

A partir del objetivo planteado de comparar el rendimiento entre el aprendizaje de una secuencia visomotora y el rendimiento en funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal, se definieron tres medidas de aprendizaje de una secuencia visomotora compleja. En la primera, se compararon los tiempos de reacción del primer y último bloque en que se presenta la secuencia (Bloque 2 – Bloque 5). La segunda, se buscó comparar el rendimiento entre los tiempos de reacción del último bloque aleatorio con el último bloque en que se presenta una secuencia (Bloque 4 – Bloque 5). A su vez, se empleó la fórmula que compara los dos últimos bloques (Bloque 4 – Bloque 5), pero en lugar de los tiempos de reacción fueron empleados el número de errores. No fue empleada la primer medida de correlación escogida (Bloque 2 – Bloque 5) con el número de errores debido a que, como se evidenció previamente y en referencia a lo explicitado en el Capítulo II (véase pag. 78), el número de errores se incrementó significativamente a medida que la tarea se extendía en el tiempo. Esto implicaría, que la diferencia entre el Bloque 2 y el Bloque 5 no sería representativa del aprendizaje de una secuencia. Con cada una de estas medidas de aprendizaje de una secuencia visomotora, se comparó cada una de las variables de los tests neuropsicológicos. Concretamente se realizó en primer lugar una regresión múltiple y en segundo lugar una correlación de Spearman para evaluar la correlación entre diferentes parámetros

neuropsicológicos y las tres medidas escogidas de aprendizaje de una secuencia visomotora compleja. En cada caso el nivel significativo tuvo un valor $p < 0.05$.

Las variables de los tests neuropsicológicos elegidas para llevar a cabo la correlación fueron las siguientes:

- A) Alternancia entre sets: medida obtenida de la sustracción entre el tiempo de realización del Trails B, menos Trails A, tal como lo empleó Gómez Beldarrian en su trabajo (2002)
- B) Memoria de Trabajo: medida por el número de dígitos en orden inverso capaz de repetir
- C) Categorización: medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST y el número de errores cometidos
- D) Flexibilidad: medida a través del número de perseveraciones en el WCST
- E) Rango atencional: medida mediante el número de dígitos que el sujeto puede repetir
- F) Planificación: medida mediante el número de situaciones resueltas en la Torre de Londres a partir del el número preciso de movimientos dados

La regresión múltiple ($F(7,51)=,72677$ $p<,64997$) y las correlaciones parciales entre la primer medida elegida (Bloque 2 – Bloque 5) no fueron significativas. A saber, las correlaciones de Spearman con los tests neuropsicológicos fueron las siguientes: con alternancia entre sets ($r = 0,16$, $p = 0,22$); con memoria de trabajo ($r = 0,43$, $p = 0,89$); con categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,06$, $p = 0,62$) y el número de errores cometidos ($r = 0,20$, $p = 0,12$); con Flexibilidad ($r = 0,18$, $p = 0,16$); con rango atencional ($r = -0,06$, $p = 0,22$) y con Planificación ($0,04$, $p = 0,97$). A pesar de que ninguna de ellas fue significativa, se graficará la correlación de Spearman entre memoria de trabajo y aprendizaje de la TTRS, ya que dicha compasión fue la que se anticipó inicialmente como significativa en la hipótesis (Gráfico N° 24).

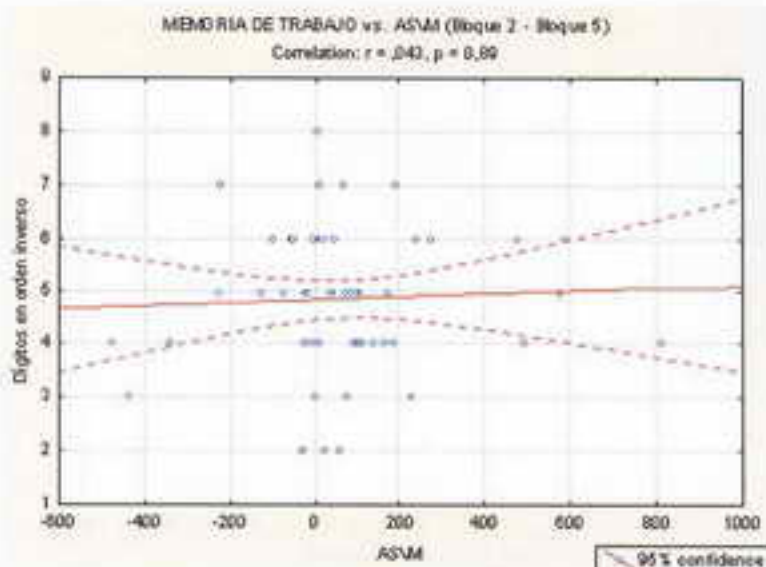
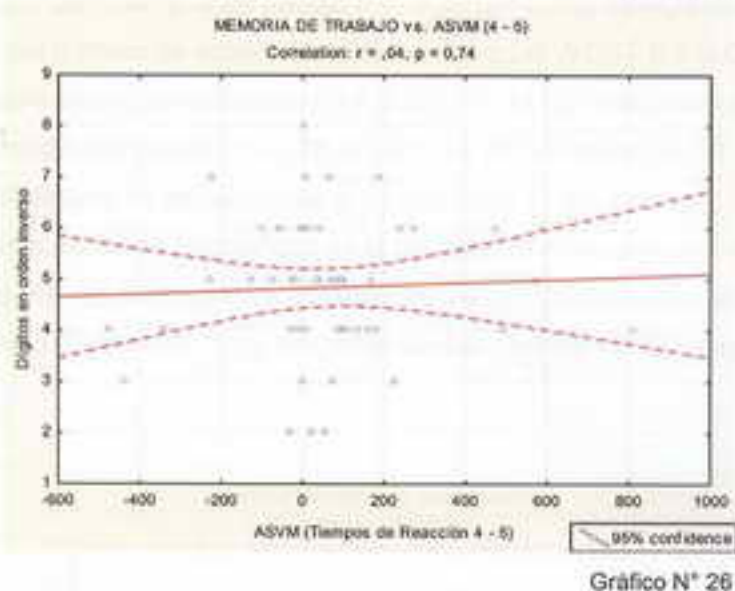
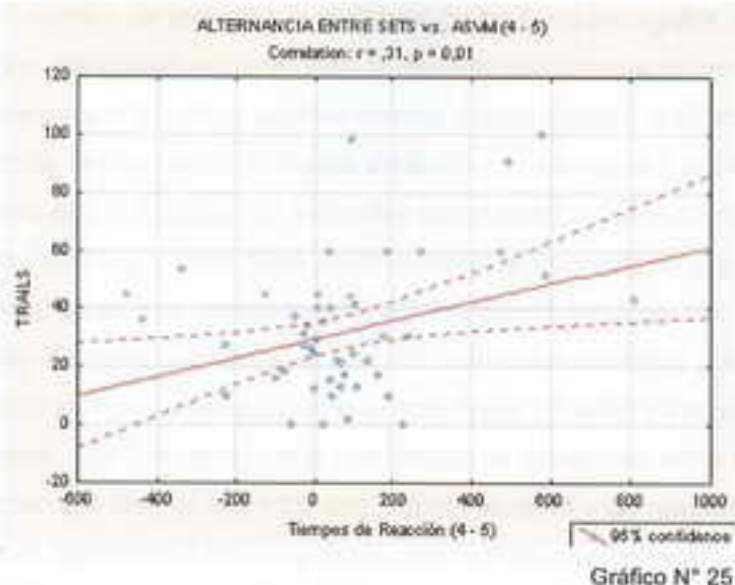


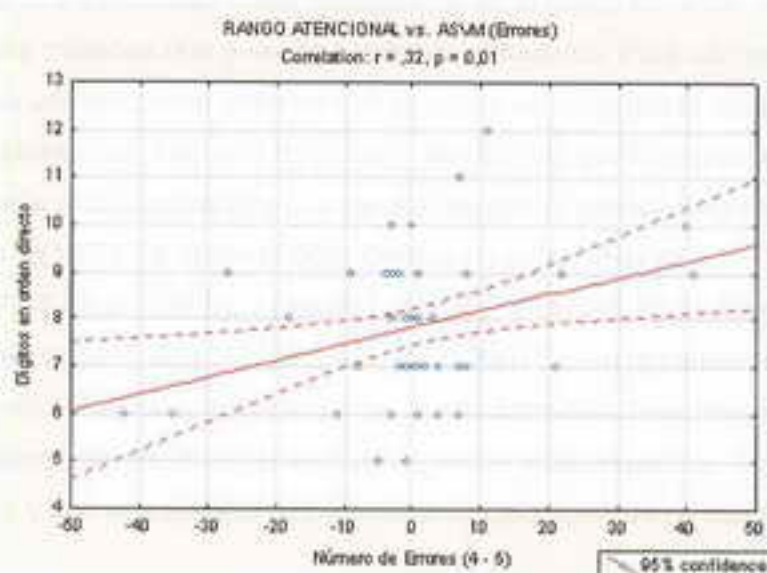
Gráfico N° 24

La regresión múltiple entre la segunda medida escogida (Bloque 4 – Bloque 5) con las variables de los tests neuropsicológicos dio significativa ($F(7,51)=2,2127$ $p<,04833$), si bien las comparaciones individuales no alcanzaron el umbral mínimo propuesto. Por otro lado las correlaciones parciales tampoco arrojaron resultados significativos con la memoria de trabajo. Sin embargo, la correlación entre esta medida (Bloque 4 – 5) y alternancia entre sets si lo fue, evidenciando que cuanto más lenta es la realización del Trails B en relación al Trails A, es mayor la diferencia entre el bloque aleatorio y secuencial. A continuación se transcribirán tanto los resultados, como los gráficos de alternancia entre sets y memoria de trabajo y el TTRS (Gráfico N° 25 y N° 26). La correlaciones de Spearman fueron las siguientes, con alternancia entre sets ($r = 0,31$, $p = 0,01$), con memoria de trabajo ($r = 0,04$, $p = 0,74$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = 0,13$, $p = 0,31$) y el número de errores cometidos ($r = 0,04$, $p = 0,074$); Flexibilidad ($r = 0,21$, $p = 0,09$); rango atencional ($r = 0,16$, $p = 0,19$) y Planificación ($r = 0,10$, $p = 0,44$)



Nuevamente se realizó una regresión múltiple entre la medida de aprendizaje de TTRS que compara el número de errores de los dos últimos bloques (Bloque 4 – Bloque 5) con cada uno de los instrumentos que evalúan las funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal. Los resultados generales no fueron significativos ($F(7,51)=1,1604$ $p<,34178$), si bien en las comparaciones individuales la relación entre esta medida y dígitos en orden directa lo fue ($p = 0,03$). A su vez, en la correlación de Spearman también se evidenció un perfil semejante pues no fueron significativas las correlaciones

entre el número de errores y la variables de los tests escogidos, a excepción del rango atencional, evidenciando que existe una correlación entre la cantidad de números que los niños pueden retener a corto plazo y la diferencia entre el número de errores entre el bloque aleatorio y el secuencial, lo mismo implicaría que la cantidad de estímulos que los niños pueden retener en su memoria auditiva a corto plazo es directamente proporcional a la diferencia en el número de errores cometidos entre la secuencia aleatoria y la secuencia que se repite. Es decir que los niños que más estímulos auditivos pueden recordar presentan un mejor aprendizaje de la secuencia medido a través del número de errores. Los resultados de la correlación de Spearman entre la diferencia del número de errores entre los dos últimos bloques y las medidas que evalúan funciones ejecutivas fueron las siguientes: con alternancia entre sets ($r = -0,14$, $p = 0,13$); con memoria de trabajo ($r = 0,16$ $p = 0,23$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = 0,06$, $p = 0,65$) y el número de errores cometidos ($r = 0,03$, $p = 0,81$); Flexibilidad ($r = 0,02$, $p = 0,87$); rango atencional ($r = 0,32$, $p = 0,01$) y Planificación ($-0,03$, $p = 0,81$). A fin de visualizar estos hallazgos, a continuación se transcribirán los resultados obtenidos así como los gráficos de la correlación entre el número de errores de los dos últimos bloques y los puntajes de las pruebas que evaluaron memoria de trabajo (Gráfico N° 27) y rango atencional (Gráfico N° 28) respectivamente.



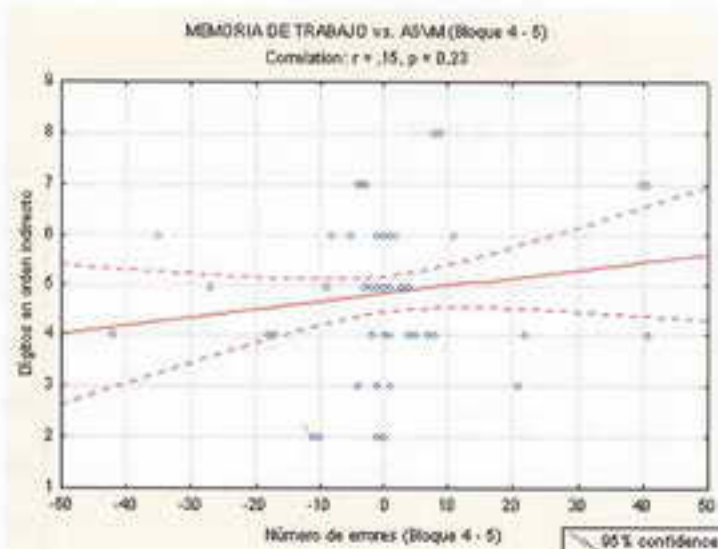


Gráfico N° 28

En relación a la hipótesis XVII que plantea una mayor correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora en el grupo de niños mayores, se realizó en primera instancia una comparación en el rendimiento de los subtests administrados que evalúan funciones ejecutivas entre los dos grupos de edad estudiados a fin de corroborar las investigaciones previas que evidencian mejor rendimiento en el grupo de niños mayores en todas las medidas que evalúan funciones ejecutivas. Para ello se empleó una ANOVA unidireccional entre ambos grupos y se comparó el rendimiento en rango atencional, memoria de trabajo, flexibilidad, planificación, alternancia entre sets y categorización. Los resultados con el subtest Dígitos en orden directo ($F(1,57)=25,90; p<,0000$), Dígitos en orden inverso ($F(1,57)=8,08; p<,0062$), Torre de Londres ($F(1,57)=8,05; p<,0063$) y Alternancia entre sets ($F(1,57)=8,78; p<,0044$) fueron consistentes con la bibliografía publicada hasta la fecha, donde los niños mayores presentan un rendimiento significativamente mayor que los más pequeños. A modo de ejemplo y con el propósito de permitir la visualización de tal discrepancia, se

muestran a continuación los gráficos que comparan memoria de trabajo y planificación en ambos grupos investigados (Gráfico N° 29, Gráfico N° 30).

Memoria de Trabajo
Menores vs. Mayores
 $F(1,57)=8,06; p<,0062$

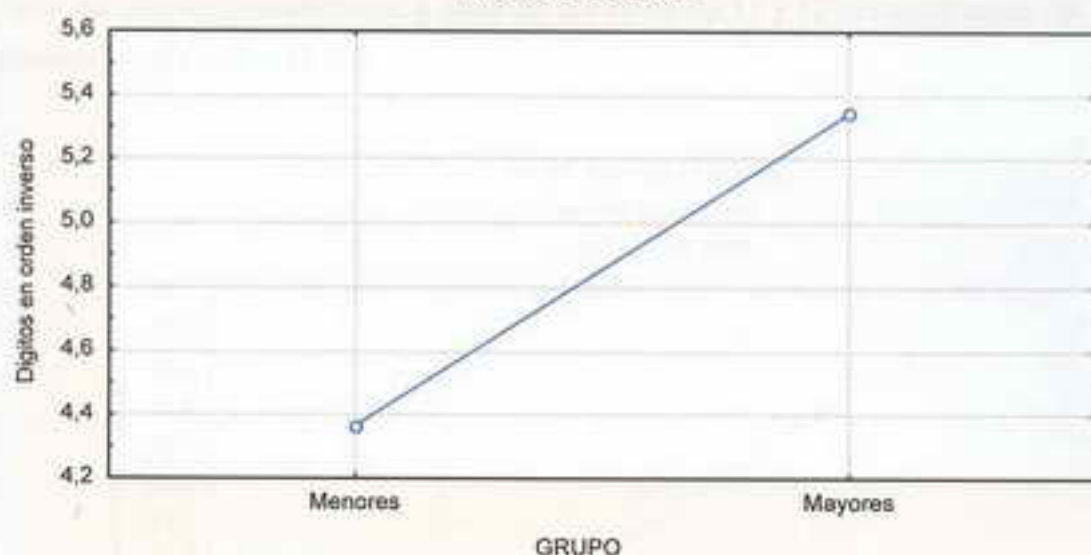


Gráfico N° 29

TORRE DE LONDRES
MENORES vs. MAYORES
 $F(1,57)=8,05; p<,0063$

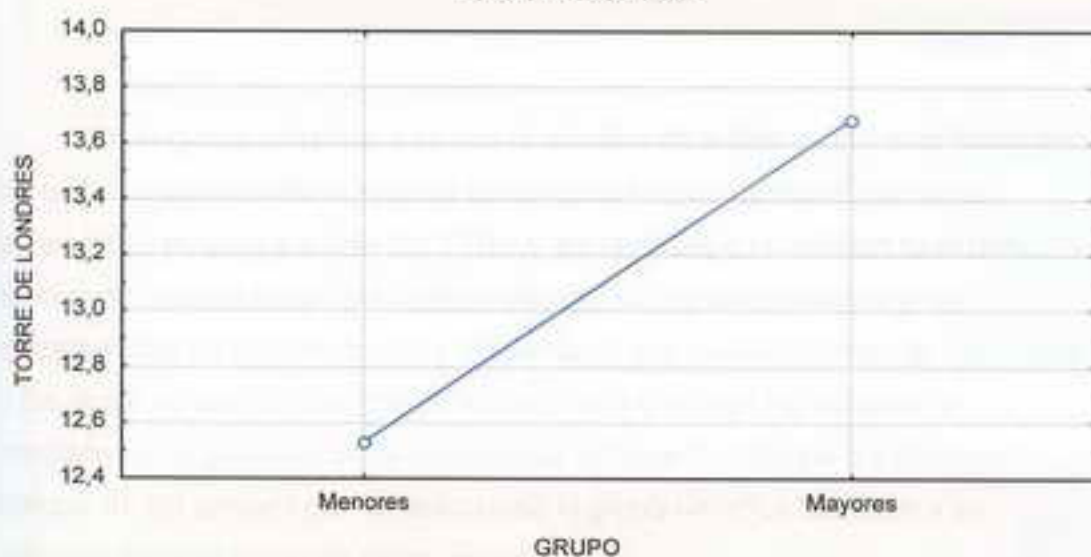


Gráfico N° 30

Los resultados obtenidos a partir de realizar la ANOVA unidireccional con los puntajes escogidos del test de Wisconsin Card Sorting Test (Número de Categorías ($F(1,57)=0,00;p<,97$); Porcentaje de Errores($F(1,57)=0,27;p<0,60$) y Porcentaje de perseveraciones ($F(1,57)=0,43;p<0,5165$)), si bien no muestran una diferencia significativa a favor del grupo de mayor edad, la tendencia es a favor de un mejor rendimiento a favor de los niños de 11 y 12 años, tal como se plasma en el Gráfico N° 31.

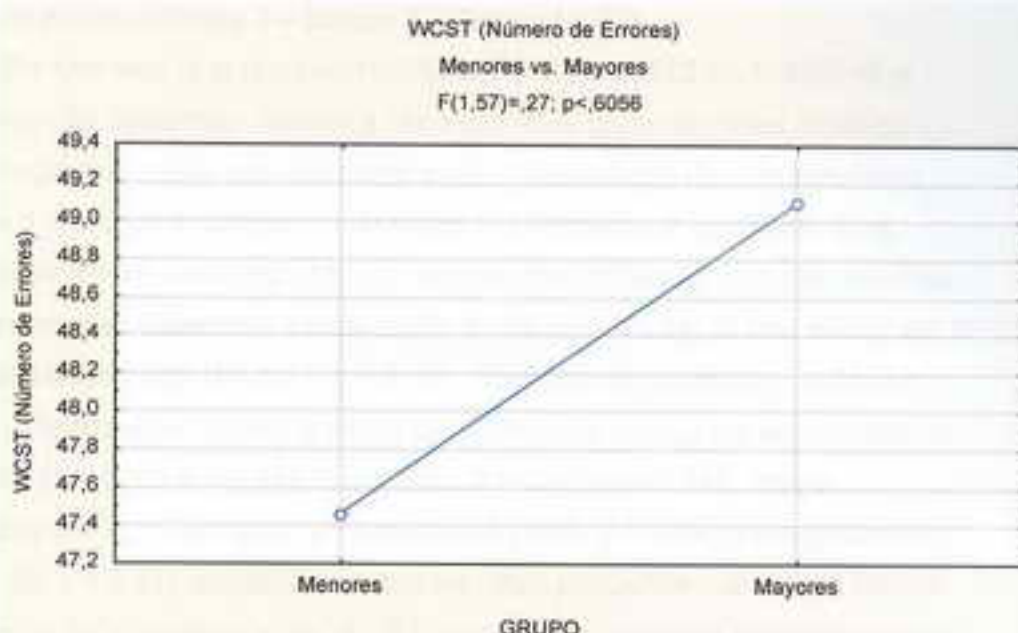


Gráfico N° 31

En segunda instancia y ya con el objetivo de probar o refutar la hipótesis de que el grupo de niños mayores presentaría mayor correlación entre el aprendizaje medido a través del TTRS y las medidas que evalúan funciones ejecutivas, se realizaron dos comparaciones: la regresión múltiple y las correlaciones de Spearman entre los puntajes que evalúan funciones ejecutivas y las dos medidas de aprendizaje implícito que emplean los tiempos de reacción como parámetros de aprendizaje (Bloque 2 – Bloque 5 y Bloque 4 – Bloque 5). En primer lugar se seleccionó el grupo de niños menores y en segundo lugar el grupo de niños mayores.

Con el grupo de los pequeños ni la regresión múltiple, ($F(7,22)=,60228$ $p<,74754$) ni las correlaciones de Spearman con la medida Bloque 2 – Bloque 5

fueron significativas con ninguna de las funciones evaluadas. A saber, con alternancia entre sets ($r = 0,18$, $p = 0,33$); memoria de trabajo ($r = 0,11$, $p = 0,53$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,10$, $p = 0,61$) y el número de errores cometidos ($r = -0,27$, $p = 0,15$); Flexibilidad ($r = 0,20$, $p = 0,29$); rango atencional ($r = 0,02$, $p = 0,91$) y Planificación ($-0,04$, $p = 0,83$). A fin de evidenciar esto gráficamente, se muestra a continuación el gráfico correspondiente a la correlación entre memoria de trabajo y aprendizaje de la secuencia medida a través de la siguiente puntaje (Bloque 2 – Bloque 5) (Gráfico N° 32).

Por otro lado ni la regresión múltiple ($F(7,22)=1,9162$ $p<,11525$), ni la correlación de Spearman llevada a cabo con en el grupo de niños menores con la segunda medida escogida para evaluar aprendizaje de una secuencia (Bloque 4 – Bloque 5) arrojaron resultados significativos, a excepción de la correlación parcial con la variable que evalúa categorización. Las correlaciones de Spearman se plasman a continuación. Entre aprendizaje de una secuencia y alternancia entre sets ($r = 0,13$, $p = 0,33$); memoria de trabajo ($r = 0,23$, $p = 0,21$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,18$, $p = 0,34$), Flexibilidad ($r = -0,27$, $p = 0,14$); rango atencional ($r = 0,15$, $p = 0,42$) y Planificación ($-0,06$, $p = 0,74$) y categorización ($r = -0,38$, $p = 0,03$), evidenciando que los niños pequeños que menos errores cometieron en la realización del WCST, presentaron un mejor aprendizaje de la secuencia visomotora. A continuación se muestra el gráfico que compara aprendizaje de una secuencia con memoria de trabajo (Gráfico N° 33) y categorización medida a través del número de errores (Gráfico N° 34).

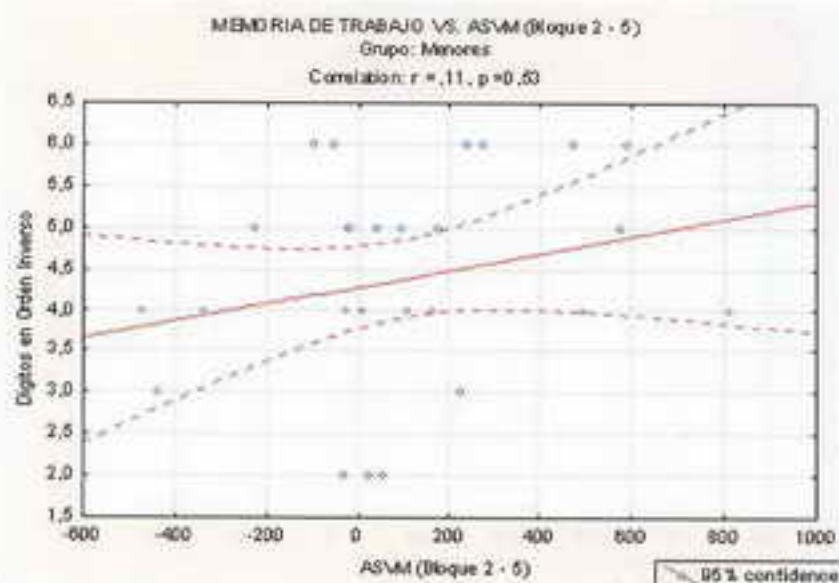


Gráfico N° 32

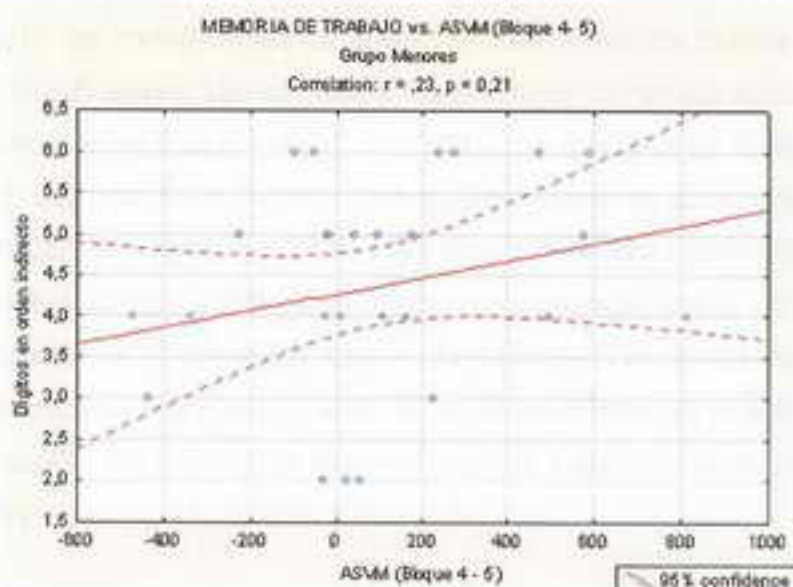


Gráfico N° 33

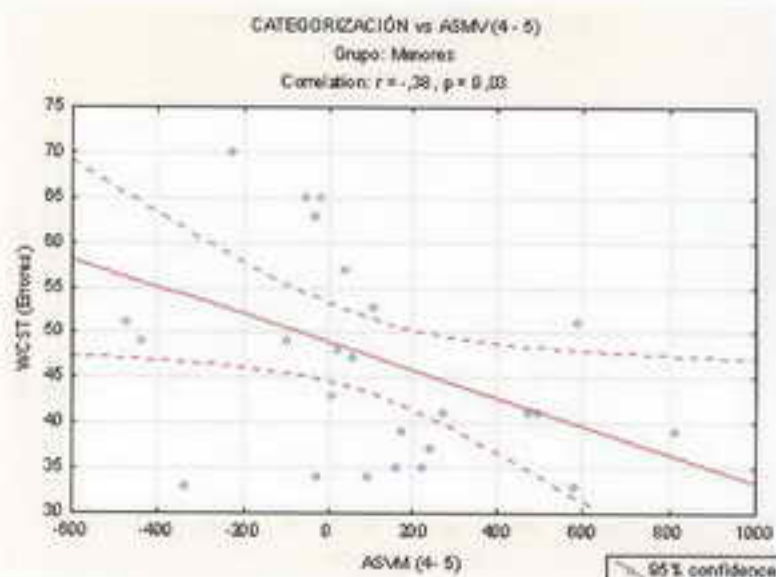


Gráfico N° 34

Con el grupo de los mayores ni la regresión múltiple ($F(7,21) = .26924$, $p < .95$), ni las correlaciones de Spearman con la medida Bloque 2 – Bloque 5, fueron significativas. Las correlaciones parciales fueron las siguientes: con alternancia entre sets ($r = -0.06$, $p = 0.74$); con memoria de trabajo ($r = -0.11$, $p = 0.56$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0.01$, $p = 0.96$) y el número de errores cometidos ($r = -0.07$, $p = 0.68$); Flexibilidad ($r = 0.13$, $p = 0.51$); rango atencional ($r = -0.12$, $p = 0.54$) y Planificación ($r = 0.10$, $p = 0.55$). Las mismas tampoco arrojaron resultados significativos con ninguna de ellas. A fin de visualizarlo se muestra a continuación los gráficos de la correlación de Spearman entre memoria de trabajo y aprendizaje implícito (Gráfico N° 35).

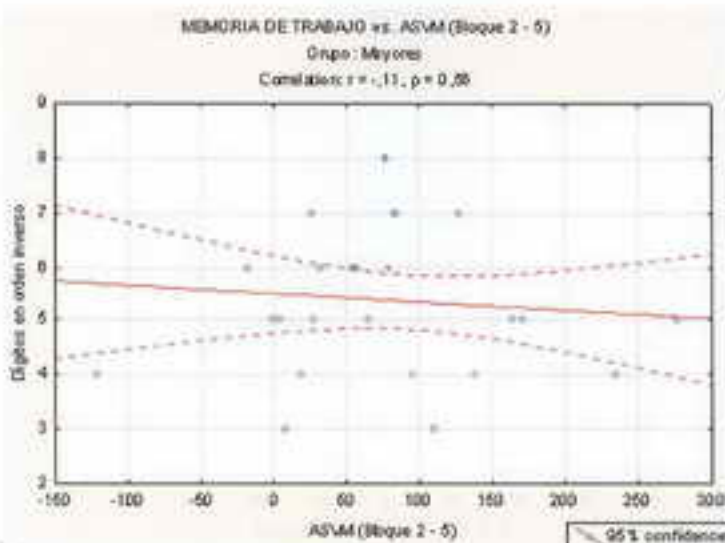


Gráfico N° 35

Finalmente la correlación entre aprendizaje de una secuencia (Bloque 4 – Bloque 5) y los tests que evalúan funciones ejecutivas también fueron llevadas a cabo en el grupo de niños mayores mediante la regresión múltiple y la correlación de Spearman. La regresión múltiple no fue significativa ($F(7,21)=,37616$ $p<,90598$), tampoco lo fueron las correlaciones parciales. Los resultados también se vuelcan a continuación, junto con el gráfico entre memoria de trabajo y aprendizaje implícito de la secuencia (Gráfico N° 36). La correlación con alternancia entre sets ($r = 0,16$, $p = 0,41$); memoria de trabajo ($r = -0,30$, $p = 0,10$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,07$, $p = 0,70$) y el número de errores cometidos ($r = -0,03$, $p = 0,86$); Flexibilidad ($r = 0,02$, $p = 0,93$); rango atencional ($r = -0,09$, $p = 0,63$) y Planificación ($-0,09$, $p = 0,70$) no fueron significativas.

Los resultados hallados hasta aquí refutan la hipótesis que planteaba una mayor correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora en el grupo de niños entre 11 y 12 años.

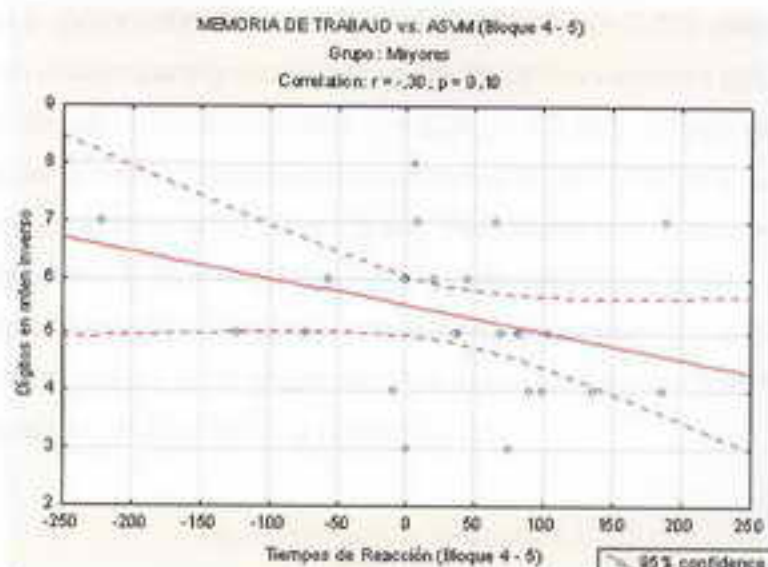


Gráfico N° 36

Nuevamente a partir de la Hipótesis XVII que plantea mayor correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora en el grupo de niños mayores, se correlacionaron las medidas que se desprenden de la evaluación neuropsicológica con el aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través del número de errores. Concretamente se llevaron a cabo tanto una regresión múltiple como una correlación de Spearman entre el aprendizaje del TTRS medida a través de la diferencia entre el bloque 4 y 5 y cada una de las variables de los tests neuropsicológicos elegidas en ambos grupos: menores y mayores. En el grupo de los pequeños, los resultados fueron consistentes con los hallazgos obtenidos hasta el momento y no se evidenció correlación significativa alguna ni en la regresión múltiple ($F(7,22)=,96283$ $p<,48139$), ni en las correlaciones parciales. A saber las correlaciones de Spearman fueron: con alternancia entre sets ($r = -0,02$, $p = 0,93$); memoria de trabajo ($r = -0,08$, $p = 0,66$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,08$, $p = 0,69$) y Número de Errores ($r = -0,04$, $p = 0,81$), Flexibilidad ($r = 0,25$, $p = 0,18$); rango atencional ($r = -0,36$, $p = 0,54$) y Planificación ($r = 0,09$, $p = 0,30$). Por otro lado la regresión múltiple realizada con el grupo de los mayores tampoco fue significativa ($F(7,21)=2,0062$ $p<,10261$). En cambio, la correlación de Spearman arrojó en esta ocasión la correlación esperada entre memoria de

trabajo y aprendizaje de una secuencia ($r = 0,40$, $p = 0,02$), mientras que no se hallaron resultados significativos con las restantes variables estudiadas. A saber, con alternancia entre sets ($r = 0,36$, $p = 0,54$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = 0,20$, $p = 0,29$) y Número de Errores ($r = 0,10$, $p = 0,58$), Flexibilidad ($r = 0,25$, $p = 0,18$); rango atencional ($r = 0,36$, $p = 0,54$) y Planificación ($r = -0,20$, $p = 0,30$). El gráfico correspondiente a la correlación entre memoria de trabajo y la diferencia en el número de errores en el grupo de niños mayores y menores se hallan a continuación (Gráfico N° 37 y Gráfico N° 38).

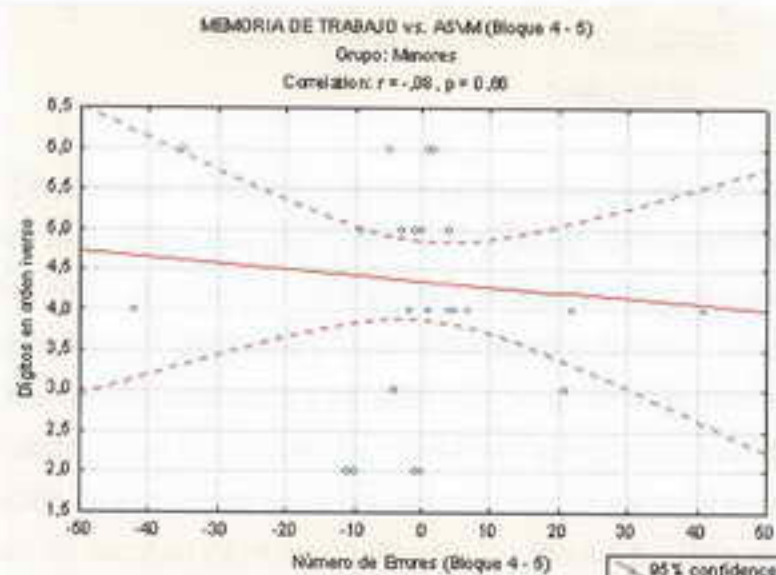
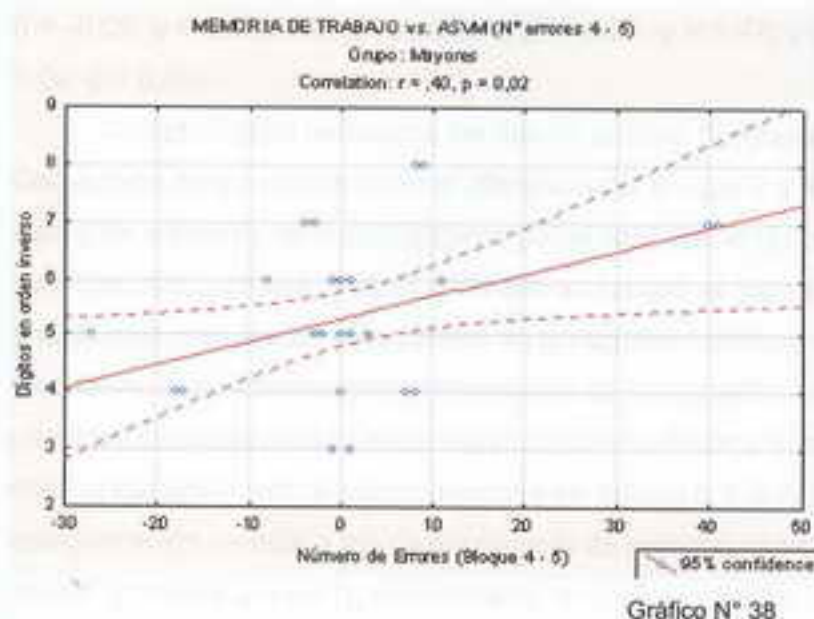


Gráfico N° 37

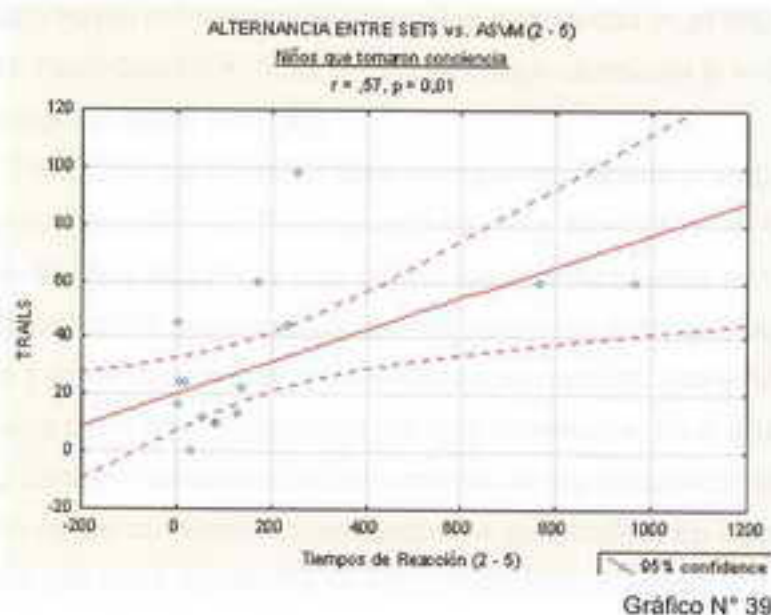


Teniendo en cuenta que una de las características más distintivas de la presente tesis radica que gran parte de la investigación intenta responder a la pregunta sobre si los niños consideraban la existencia de una secuencia, se subdividió a los niños en dos grupos: aquellos que tomaron conciencia de la existencia de una secuencia y aquellos que no lo consideraron. Con tal fin se realizó sobre estos dos grupos de niños tanto la regresión múltiple como una correlación de Spearman entre las dos medidas de aprendizaje del TTRS que emplean los tiempos de reacción (Bloque 2 – Bloque 5 y Bloque 4 – Bloque 5), la que emplea número de errores (Bloque 4 – Bloque 5) y las variables escogidas que se desprendieron de la batería neuropsicológica.

Al llevarse a cabo la regresión múltiple y las correlaciones de Spearman en el grupo de niños que no tomaron conciencia de la presencia de la secuencia entre la diferencia de los tiempos de reacción entre el Bloque 2 y el Bloque 5 por un lado y las variables que evalúan las funciones cognitivas mediadas por el lóbulo frontal, no se halló correlación alguna. Los resultados fueron los siguientes: con la regresión múltiple ($F(7,32)=.40161$ $p<.89$) y con las correlaciones de Spearman con alternancia entre sets ($r = -0.07$, $p = 0.28$); memoria de trabajo ($r = -0.08$, $p = 0.61$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0.14$, $p = 0.38$), Flexibilidad

($r = -0,09$, $p = 0,58$); rango atencional ($r = -0,01$, $p = 0,97$) y Planificación ($r = -0,09$, $p = 0,68$).

Cuando fueron realizados los mismo análisis (Regresión Múltiple y Correlación de Spearman entre la diferencia del Bloque 2 y el Bloque 5 por un lado y las variables neuropsicológicas por el otro) con el grupo de niños que percibieron la probable presencia de una secuencia, si bien a nivel general se encontraron resultados significativos en la regresión múltiple ($F(7,11)=3,1061$ $p<,045$) ni en las correlaciones individuales de la regresión múltiple ni las parciales alcanzaron en nivel de significancia esperado a excepción de con alternancia entre sets. A saber, memoria de trabajo ($r = 0,10$, $p = 0,68$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = 0,09$, $p = 0,71$), Flexibilidad ($r = -0,43$, $p = 0,06$); rango atencional ($r = -0,30$, $p = 0,20$) y Planificación ($r = 0,23$, $p = 0,33$). Sin embargo con alternancia entre sets ($r = 0,57$, $p = 0,01$), los resultados indicaron una correlación significativa, dando cuenta de que cuanto menor era la diferencia entre los tiempos de reacción de las dos tareas, también eran menores los tiempos de reacción entre la secuencia que se repetía en comparación con la aleatoria. (Gráfico N° 39)



Tal como se hizo referencia previamente se realizaron los mismo análisis con el grupo de niños que tomaban conciencia de un posible patrón en la sucesión de estímulos y aquellos que no tomaban conciencia de la existencia de una secuencia, pero en este caso con la diferencias de los tiempos de reacción entre el Bloque 4 y el Bloque 5. En este caso tampoco se evidenciaron correlaciones significativas en ninguno de los dos grupos. En el grupo de aquellos que no tomaron conciencia de la secuencia, los resultados fueron los siguientes: la regresión múltiple ($F(7,32)=1,6348$ $p<,16$) y las correlaciones parciales con alternancia entre sets ($r = 0,20$, $p = 0,07$); memoria de trabajo ($r = 0,08$, $p = 0,63$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,18$, $p = 0,27$), Flexibilidad ($r = -0,20$, $p = 0,58$); rango atencional ($r = -0,14$, $p = 0,40$) y Planificación ($-0,16$, $p = 0,90$).

Cuando fueron realizados las mismas comparaciones (Regresión Múltiple y Correlación de Spearman entre la diferencia del Bloque 4 y el Bloque 5 por un lado y las variables neuropsicológicas por el otro) con el grupo de niños que percibieron la probable presencia de una secuencia, tampoco se encontraron correlaciones significativas. A saber: la regresión múltiple ($F(7,32)=,40161$ $p<,89$) y las correlaciones parciales con alternancia entre sets ($r = 0,44$, $p = 0,06$); memoria de trabajo ($r = -0,05$, $p = 0,82$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,03$, $p = 0,89$), Flexibilidad ($r = -0,30$, $p = 0,21$); rango atencional ($r = -0,30$, $p = 0,20$) y Planificación ($0,25$, $p = 0,30$).

Por último fue llevada a cabo la regresión múltiple y una correlación de Spearman con cada uno de los grupos de niños descriptos (los que tomaron conciencia de la secuencia y los que no tomaron conciencia de dicha posibilidad) con la diferencia del número de errores entre el Bloque 4 y el Bloque 5 como una variable y cada una de las medidas que evalúan funciones ejecutivas como otra. El hallazgo fue muy interesante. En el grupo de niños que no tomaron conciencia de la existencia de una secuencia se halló que ninguna de las correlaciones realizadas fue significativa. En cambio en el grupo de niños que toma conciencia de esta posibilidad, se encontró que la medida que evalúa memoria de trabajo correlacionó significativamente con la medida que evalúa memoria implícita a través del número de errores (Bloque 4 – Bloque 5). Los resultados de cada una de las correlaciones, se transcriben a

continuación. En el grupo que no tomó conciencia de la posible existencia de una secuencia, las comparaciones fueron las siguientes: la regresión múltiple ($F(7,32)=,57370$ $p<,77175$) y las correlaciones parciales con alternancia entre sets ($r = -0,07$, $p = 0,67$); memoria de trabajo ($r = -0,01$, $p = 0,95$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = -0,13$, $p = 0,42$) y el número de errores ($r = -0,11$, $p = 0,51$) Flexibilidad ($r = -0,13$, $p = 0,41$); rango atencional ($r = 0,28$, $p = 0,07$) y Planificación ($r = -0,13$, $p = 0,70$). En cambio en el grupo que tomó conciencia de la posible existencia de una secuencia, las correlaciones fueron las siguientes: la regresión múltiple resultó significativa ($F(7,11)=3,2256$ $p<,040$) como el resultado individual con dígitos en orden indirecto ($p = 0,02$). Las correlaciones parciales fueron las siguientes: con alternancia entre sets ($r = -0,24$, $p = 0,32$); memoria de trabajo ($r = 0,52$, $p = 0,02$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r = 0,39$, $p = 0,09$) y el número de errores ($r = 0,38$, $p = 0,10$) Flexibilidad ($r = 0,47$, $p = 0,06$); rango atencional ($r = 0,39$, $p = 0,09$) y Planificación ($-0,22$, $p = 0,38$). A continuación se plasman los gráficos que comparan memoria de trabajo con aprendizaje del TTRS, medido a través de la diferencia en el número de errores en el grupo de niños que toma de conciencia de la existencia de un patrón. (Gráfico N° 40).



Gráfico N° 40

Teniendo en cuenta la significancia estadística de correlación hallada entre memoria de trabajo y la diferencia del número de errores entre los dos últimos bloques en el grupo de niños que tomó conciencia de la secuencia, se seleccionó el grupo de niños mayores y se los subdividió entre aquellos que tomaron conciencia de la existencia de una secuencia y aquellos que no lo consideraron. Con tal fin se realizó sobre estos dos grupos de niños mayores, una regresión múltiple como una correlación de Spearman entre la medida que emplea número de errores (Bloque 4 – Bloque 5) con las variables escogidas que se desprendieron de la batería neuropsicológica. El hallazgo fue muy interesante. En el grupo de niños mayores que no tomaron conciencia de la existencia de una secuencia se halló que ninguna de las correlaciones realizadas fuera significativa. En cambio en el grupo de niños que tomó conciencia de la posibilidad de la existencia de un patrón en la sucesión de estímulos, se encontró que la correlación entre la medida que evalúa memoria implícita (Bloque 4 – Bloque 5) y memoria de trabajo ($r=0.54$, $p=0.03$) fue significativa. Los resultados de cada una de las restantes correlaciones, se transcriben a continuación. En el grupo que no tomó conciencia de la posible existencia de una secuencia, las correlaciones fueron las siguientes: la regresión múltiple ($F(7,6)=1.2724$ $p<.39$) y las correlaciones parciales con alternancia entre sets ($r=-0.10$, $p=0.74$); memoria de trabajo ($r=-0.23$, $p=0.42$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r=-0.37$, $p=0.19$) y el número de errores ($r=-0.38$, $p=0.17$) Flexibilidad ($r=-0.18$, $p=0.54$); rango atencional ($r=0.32$, $p=0.26$) y Planificación (0.22 , $p=0.43$). En cambio en el grupo que tomó conciencia de la posible existencia de una secuencia, las correlaciones fueron las siguientes: la regresión múltiple ($F(7,7)=5.0258$ $p<0.02$) con la correspondiente significancia individual con dígitos en orden inverso ($p=0.03$) y las correlaciones parciales con alternancia entre sets ($r=-0.43$, $p=0.11$); memoria de trabajo ($r=0.54$, $p=0.03$); categorización medida a través del número de categorías alcanzadas en el WCST ($r=0.42$, $p=0.11$) y el número de errores ($r=0.42$, $p=0.11$), Flexibilidad ($r=0.51$, $p=0.06$) rango atencional ($r=0.43$, $p=0.11$) y Planificación (-0.23 , $p=0.40$). A continuación se plasman el gráfico que correlaciona memoria de trabajo con aprendizaje del TTRS, medido a través de

la diferencia en el número de errores en el grupo de niños mayores que tomó conciencia de la presencia de una secuencia (Gráfico N° 41).

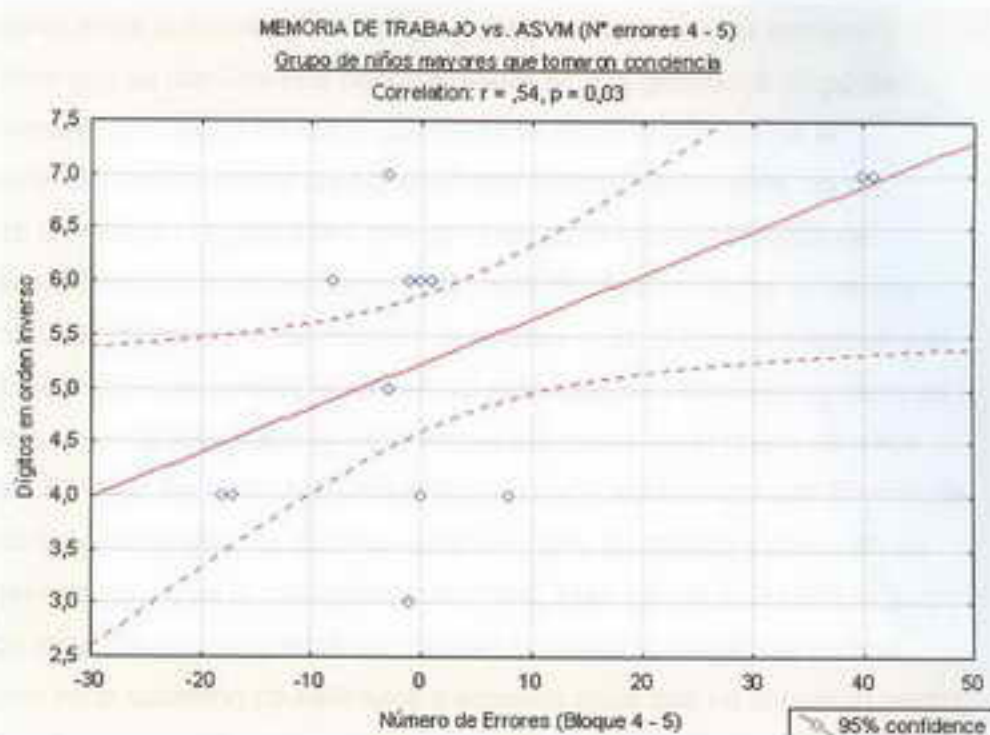


Gráfico N° 41

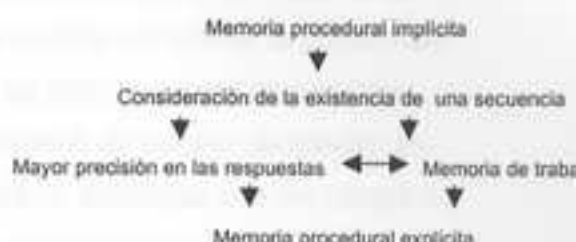
Discusión y Conclusiones

Las hipótesis formuladas inicialmente esperaban hallar una correlación significativa entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora que se manifestaría principalmente en dos grupos: el grupo de niños mayores y el grupo de niños que había tomado conciencia de la secuencia. Contrariamente a las hipótesis planteadas inicialmente, no se encontró correlación alguna entre ambas variables cuando la medida de aprendizaje escogida eran los tiempos de reacción. Sin embargo, la medida que tomaba la diferencia en el número de errores entre el bloque aleatorio y el último bloque que presentaba la secuencia evidenció una correlación, tanto en el grupo que tomaba conciencia de la secuencia, como en el grupo de niños mayores. Es decir los niños mayores y aquellos que habían tomado conciencia presentaron una correlación positiva entre memoria de trabajo y precisión en sus respuestas durante la realización del TTRS. Más aún, al subdividir el grupo de niños mayores entre aquellos que habían percibido la presencia de una secuencia en la sucesión de estímulos y aquellos otros que no lo habían hecho, se evidenció claramente que en el primer grupo se manifestaba la correlación entre la variable que medía aprendizaje implícito y memoria de trabajo. Dicha correlación entre estas variables coincide con la tendencia ya explicitada en el capítulo III (véase pag. 111), en donde se explicaba que quienes no tomaban conciencia de la secuencia incrementaban más rápidamente el número de errores que aquellos que sí tomaban conciencia de la secuencia, por lo que esto llevó a considerar la precisión en las respuestas como un paso posterior a la toma de conciencia (véase capítulo III, pág. 120).

A partir de esta correlación surge la pregunta sobre el rol de la memoria de trabajo en la toma de conciencia. ¿Es la buena manipulación de estímulos en la mente lo que lleva a considerar la posibilidad de la existencia de una secuencia? (Cuadro N° 13 A) o bien, ¿Es la posibilidad de la existencia de un patrón lo que lleva a la memoria de trabajo a focalizar en la sucesión de estímulos y paralelamente lograr mayor precisión en las respuestas? (Cuadro N° 13 B).



(Cuadro N° 13 A)

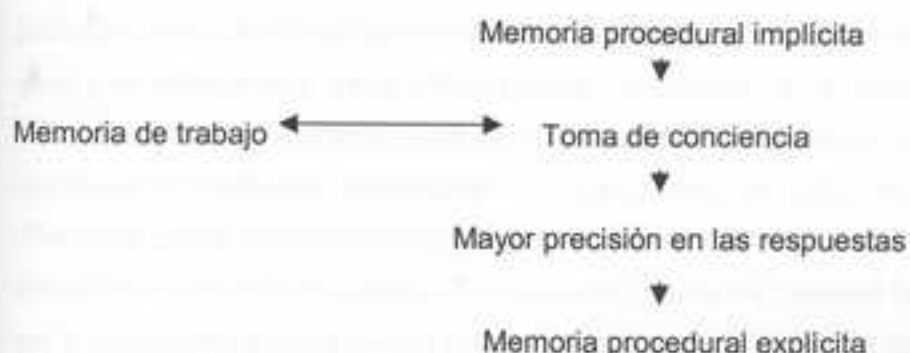


(Cuadro N° 13 B)

Pascual-Leone (1996) adjudicaba a la memoria de trabajo una contribución en el ordenamiento secuencial de los estímulos en el tiempo y Gómez Beldarrian y col. (1999 y 2002), al hallar una correlación moderada entre el aprendizaje de una secuencia visomotora y la memoria de trabajo en adultos, la describieron como la encargada del análisis online de la secuencia. Robertson y col. (2001) precisó aún más su función en el TTRS al puntualizar que era la responsable de retener las pistas espaciales en el aprendizaje de una serie de estímulos visoespaciales. En el presente trabajo, se introduce una variable más pues la correlación entre memoria de trabajo y TTRS se presenta particularmente en el grupo de niños mayores cuyo desarrollo de la corteza prefrontal es mayor, así como en el grupo que ha tomado conciencia de la secuencia, por lo que cobra importancia la hipótesis de Willingham (2002) que considera a la corteza prefrontal izquierda como aquella cuya activación representaría el primer paso dentro de la construcción de una secuencia, siendo entonces el prerequisite para la gradual toma de conciencia. De esta manera, el presente trabajo es un aporte fehaciente que respalda dicha teoría.

Es importante destacar entonces los aspectos que se amplían desde la investigación ofrecida aquí. En primer lugar, como la correlación entre la memoria de trabajo y la mayor precisión en las respuestas se presentó en el grupo de niños que consideraron la posibilidad de una secuencia, queda comprobado que la correlación estaría presente entre memoria de trabajo, precisión en las respuestas y consideración de una posible secuencia. En segundo lugar, al volver a la pregunta inicial sobre el rol de la memoria de trabajo en el TTRS, el hecho de que la medida que evalúa la memoria de trabajo sea independiente del TTRS permite pensar que el análisis secuencial

de los estímulos no se desprende de la toma de conciencia, sino que es la manipulación mental de los estímulos lo que permite considerar la posibilidad de una secuencia (Gráfico N° 13 A). A partir de esto se puede plantear que aquellos niños con mayor desarrollo de la memoria de trabajo realizarán, en forma espontánea, un análisis de la secuencia de estímulos que los llevará a considerar la posibilidad de la existencia de una secuencia que ordena o subyace detrás de dichos estímulos. Es decir, tal como describe Willingham, la activación de la memoria de trabajo predeciría la gradual toma de conciencia. Sin embargo, como se explicitó en el capítulo III (véase pág. 123), el proceso desde que el sujeto toma conciencia de la secuencia hasta llegar a la adquisición del aprendizaje explícito de la secuencia no es algo lineal. En consecuencia, es válido plantear que luego de que la memoria de trabajo conduzca inicialmente a una gradual toma de conciencia, ambos procesos se retroalimentarán.



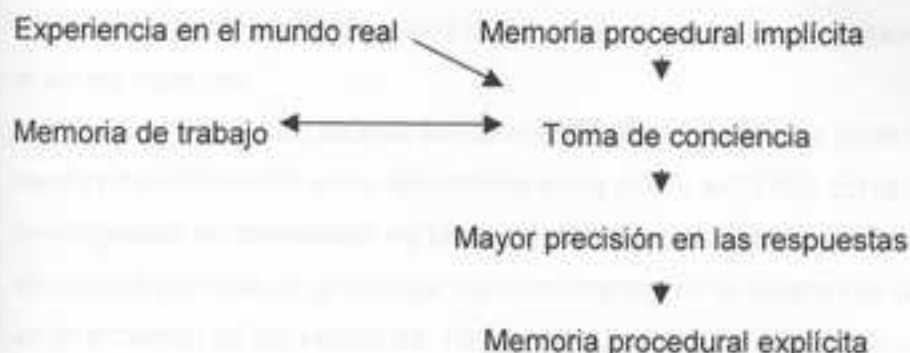
Cuadro N°14

Por otro lado, la presente investigación no ha logrado replicar la correlación hallada entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través de los tiempos de reacción, sino que ha hallado correlación entre la memoria de trabajo y la diferencia entre el bloque aleatorio y secuencial en la precisión de las respuestas. Asimismo, este hallazgo no sólo se ha encontrado en un grupo de edad diferente sino que ha sumado una característica distintiva a este grupo: la toma de conciencia. No obstante, es importante resaltar algunas otras diferencias entre los estudios previos y el presente. A saber, la modalidad de presentación de los estímulos

en las evaluaciones empleadas para medir memoria de trabajo es distinta. En el primer estudio realizado por Gómez Beldarrian y colaboradores (1999), los sujetos debían repetir tres consonantes, luego contar de atrás para adelante a partir de cierto número dado y finalmente repetir nuevamente las consonantes. En el segundo estudio, Gómez Beldarrian y colaboradores (2002) emplearon una prueba computarizada donde los sujetos debían memorizar una serie de números presentados en una pantalla y luego responder sobre si un número mostrado correspondía a los que habían sido dados previamente. A pesar de las diferencias de modalidad, los resultados no entran en conflicto entre sí. En cambio, la correlación encontrada entre memoria de trabajo y TTRS en los tres estudios no puede ser explicada por la función adjudicada por Robertson y col. (2001) que se centra en la retención de la posición espacial de los estímulos, pues en ninguno de los tests empleados para evaluar memoria de trabajo la posición espacial de los estímulos juega un rol a tener en cuenta.

En consecuencia sería interesante evaluar en una futura investigación la probable razón de tal discrepancia en las conclusiones de los estudios. ¿Es la edad y un cambio en el desarrollo la posible explicación? o ¿la memoria de trabajo juega un rol moderado que se ve incrementado cuando los estímulos a manipular en mente son espaciales? Si fuese la edad, se podría explicar la diferencia con la presente investigación pero no con las realizadas por Gómez Beldarrian realizadas en adultos. Teniendo en cuenta las posibles hipótesis, sería interesante en un próximo estudio incorporar entonces a un grupo de adultos para evaluar la variable desarrollo, así como incluir un test que evalúe memoria de trabajo frente a estímulos espaciales, tal como los cubos de Corsi o el subtest Backwards de "Attention and Memory Scale" de la Batería Leiter-R (Roid, G.; Miller, L., 1997).

Asimismo, se había planteado ya en el capítulo III la posibilidad de que la experiencia del mundo real (cuanto mayor, más desarrollo), llevase a un conocimiento previo que condujese a los sujetos a buscar patrones y regularidades de eventos. Lo mismo no necesariamente se contrapone con la correlación planteada entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia evaluado a través del número de errores, pues la experiencia en el mundo real puede ser otra de las variables que facilite inicialmente la toma de conciencia (Cuadro N°15).



Cuadro N° 15

Hasta aquí, se discurió sobre los hallazgos en relación a la correlación entre la memoria de trabajo y el aprendizaje de una secuencia visomotora. Sin embargo, también se había planteado la hipótesis de que el aprendizaje de una secuencia visomotora no presentaría correlación con las restantes funciones ejecutivas evaluadas: planificación, alternancia entre sets, categorización, flexibilidad y rango atencional. Sin embargo, los resultados evidenciaron ciertas coincidencias y algunas discrepancias entre la presente investigación y las realizadas en adultos sobre la correlación entre funciones ejecutivas y el aprendizaje de una secuencia visomotora. Si bien la correlación fue negativa tanto con la categorización como en la medida de flexibilidad, se halló cierta correlación respecto del rango atencional y la flexibilidad que serán discutidas a continuación.

Es sabido que la atención es necesaria para la realización de una tarea que no sea completamente automática, por lo tanto, el repetir dígitos en orden directo brinda un puntaje que nos permite correlacionar la atención con el aprendizaje de una secuencia. No obstante esto, los estudios previos no hallaron correlación alguna entre ambas variables. En el presente trabajo, al igual que lo evidenció la bibliografía previa, tampoco halló correlación alguna cuando la medida escogida era la diferencia entre los tiempos de reacción. En cambio, al correlacionar la diferencia entre el número de errores y los dígitos en orden directo sí se hizo clara una correlación, evidenciando que cuanto mejor es el rango atencional, menor número de errores cometen los niños. En otras palabras, los niños más atentos son más precisos en sus respuestas. Dicha

correlación, si bien no se replicó en ninguno de los otros grupos estudiados, marcó una tendencia evidenciada tanto en el grupo de los pequeños como en el de los mayores.

En el trabajo de Gómez Beldarrian (2002) se halló una tendencia a una moderada correlación entre alternancia entre sets y el TTRS. En la presente investigación tal correlación se torna significativa, tanto en el total de niños evaluados como en el grupo que toma conciencia de la existencia de un patrón en la sucesión de los estímulos. La correlación pone de manifiesto que los niños que presentan mejor aprendizaje implícito medido a través de los tiempos de reacción, también presentan mayor dificultad al alternar entre sets. Lo que presentan en común Trails y el TTRS es que ambos miden tiempos de reacción. Sin embargo, en Trails, los niños deben alternar entre secuencias aprendidas, mientras que en el TTRS deben aprender una nueva. Por lo tanto, son aquellos que más rápidamente aprenden una secuencia a los que les cuesta saltar más rápidamente entre dos secuencias (Números y Letras) de estímulos aprendidos. Es decir, la lentitud para alternar entre secuencia podría ser un elemento a favor de la rápida adquisición de un patrón de sucesión de eventos; o bien, los niños que más rápidamente consolidan el aprendizaje implícito de una secuencia, luego les resulta más difícil el flexibilizarse y alternar entre las mismas. Este hallazgo, si bien en un inicio puede parecer sorprendente, no lo es si se recuerda que una de las características del aprendizaje implícito es la inflexibilidad (Squire, 1995), por lo que no sería casual la correlación entre aprendizaje implícito y la inflexibilidad medida a través de los tiempos de reacción.

La planificación y ejecución de una serie de acciones en función de alcanzar un objetivo es una función mediada por el lóbulo frontal y se halla dentro de las denominadas funciones ejecutivas. No se observó correlación alguna con el aprendizaje de una secuencia visomotora, medido a través de los tiempos de reacción y el número de errores, evidenciando clara independencia entre ambas tareas.

La habilidad para formar conceptos evaluada a través del número de categorías alcanzadas y el número de errores en el WCST, si bien no parece necesaria para el aprendizaje en cuestión, arrojó un resultado inesperado: una moderada correlación entre el número de errores y el aprendizaje de una

secuencia medido a través de los tiempos de reacción en el grupo de los más pequeños. Es decir, el grupo de menores que cometía menor número de errores en el WCST, también se equivocaba menos en el bloque secuenciado en relación al aleatorio. El resultado no fue replicado en ningún otro de los grupos y subgrupos evaluados, lo mismo podría ser resultado de la propia falta de madurez de la corteza prefrontal y las consiguientes funciones ejecutivas que pueden conllevar a la falta de especialización de las mismas, es decir ser un claro ejemplo de lo que sustenta la teoría de la especialización interactiva (Jhonson, 2001). Por otro lado, la misma postula que la emergencia de las nuevas competencias conductuales y cognitivas durante la infancia estaría asociada a cambios de actividad en diferentes regiones y no tan sólo a la emergencia de la activación de una o más regiones. Esta teoría predice que durante el desarrollo los patrones de activación cortical durante diferentes tareas pueden variar o ser más extensos a los observados en adultos. Dentro de este marco teórico, la misma conducta puede activar diferentes áreas de la corteza en niños y en adultos, de modo tal de permitir una explicación en torno a cómo el aprendizaje implícito de una secuencia estaría mediado por alguna de las mismas estructuras implicadas en la categorización, dando cuenta de la correlación entre ambas variables en los niños pequeños.

Por último y a modo de cierre del presente capítulo se puede afirmar:

- 1) El mayor desarrollo y rendimiento en las funciones ejecutivas no se plasma en un mayor aprendizaje implícito de la secuencia medido a través de los tiempos de reacción.
- 2) Cuanta mayor capacidad atencional, menor número de errores cometen los niños a medida que la secuencia se repite.
- 3) Una buena manipulación en mente de los estímulos (memoria de trabajo) conllevaría a los niños a tomar conciencia de la posible existencia de un patrón en la sucesión de los estímulos.
- 4) El tomar conciencia de la existencia de una secuencia lleva a adoptar un perfil de mayor precisión en las respuestas, tal como se concluyó previamente en el capítulo III.
- 5) La diferencia en el número de errores entre el bloque aleatorio y el secuenciado representa una medida sensible al impacto de la memoria de trabajo sobre el aprendizaje implícito de una secuencia.

Capítulo V

Diferencias de Género

Marco Teórico y estado actual del conocimiento

Las diferencias de género en el rendimiento y modalidad de resolución de problemas ha sido un tema de estudio y debate en el ámbito neuropsicológico por larga data. No obstante, es importante mencionar que la evidencia en relación a estas diferencias y la influencia del factor biológico son relativamente nuevas en este campo. De hecho, actualmente se considera que los factores y mecanismos que durante el desarrollo apuntan a la diferenciación de género tienen un origen genético e incluso hormonal, neural y hasta conductual. A pesar de que en diversos estudios estos factores han querido explicar la "causa" de las diferencias entre géneros, ninguno ha podido dar cuenta de las mismas de un modo integral y abarcador. Debido a esta razón, los estudios de diferencias entre los sexos son complejos y sus resultados parecen en muchos casos confusos.

A continuación, se presentará un breve resumen de las diferencias halladas entre niños y niñas, algunas de las mismas extraídas de la revisión realizada por Spreen y col. (1995). Muy pocas han sido las diferencias halladas entre niños y niñas en el nivel de actividad, las vocalizaciones, las conductas orales, la receptividad auditiva y el seguimiento visual. No obstante, las niñas han demostrado ser más sensibles a la estimulación auditiva, visual y táctil; ellas siguen un rostro durante periodos más extensos que los niños y también evidencian mayor respuesta a los dulces que sus pares varones. En contraste, los varones presentan mayor cantidad de "startles" nocturnos que las niñas, lo que puede deberse al desarrollo de su fuerza muscular y vigor. Un estudio realizado por Reinsch y col. (1991) encontró que de un grupo de 4653 niños/as, los varones lograban aprender a sentarse, gatear y marchar antes de que las niñas lo hicieran. Al mismo tiempo, no se halló ninguna diferencia en hitos del desarrollo que se produjera primero en el grupo de bebas. Los autores interpretaron esta diferencia como evidencia de dimorfismo sexual asentado en aspectos biológicos.

Los estudios que han intentado encontrar diferencias de género en el rendimiento intelectual entre niños y niñas no las han encontrado (Wersh & Briere, 1981). No obstante, es importante tener en cuenta que las diferencias

en CI (cociente intelectual), si existieran, podrían quedar empañadas por el hecho del que el WISC-R, el instrumento más frecuentemente empleado para medir CI, ha sido construido en realidad con el fin de evitar diferencias entre los géneros. En cambio, en adultos como grupo, los varones han demostrado obtener mejores puntajes en la mayor parte de los tests de inteligencia como el WAIS (Kaufman, Mc Lean & Reynolds, 1988), a pesar de estar estandarizados de forma tal para que la variable género no influya. Sin embargo, las mujeres como grupo obtienen mejores calificaciones (Persson-Benbow, 1988). Las diferencias, si bien pequeñas con aproximadamente 0.25 de desvío estándar, son significativas y consistentes. También se ha observado una diferencia significativa en la variabilidad de los puntajes, presentando los varones mayor variabilidad (Hedges & Novell, 1995). La diferencia más significativa entre las medias de los dos grupos se evidenció en tareas que no son frecuentemente enseñadas en los colegios, tales como la comprensión mecánica. Hedges y Novell también hallaron que los varones presentaban más frecuentemente dificultades para expresarse en forma escrita que las mujeres, siendo ésta una habilidad que se les enseña a ambos grupos por igual.

Las diferencias de género en tests cognitivos han aparecido más frecuente y consistentemente en dominios lingüísticos y espaciales. Diversos estudios han demostrado que los varones presentan un mejor rendimiento que las mujeres en tareas que requieren de habilidad viso-espacial tales como rotar mentalmente un objeto. Las mujeres, a su vez, se desempeñan mejor en tareas verbales tales como el vocabulario y la fluidez verbal (Witelson, 1976; Kimura, 1992; Masters & Saunders, 1993; Perazis & Casey, 1991). Estos estudios han sido corroborados por otros más recientes (Burton y col., 2005) donde se ha replicado el hallazgo de que los varones rinden mejor que las mujeres en tareas que requieren de rotación mental mientras que las mujeres lo hacen en fluidez verbal. Específicamente en niños, las diferencias parecen también estar presentes, obteniendo las niñas mejores puntajes en tareas verbales y los niños en tareas espaciales. No obstante los datos recogidos, la consistencia de estos hallazgos depende de las edades consultadas. En el rango de edad entre 8 y 11 años, no se hallaron diferencias entre los sexos; pero antes de los 8 años y durante la adolescencia, las niñas presentan un mejor rendimiento que sus pares varones (Burstein y col., 1980). En la revisión realizada por Otfried

(1985) también se remite a estudios que evidencian la superioridad de los niños en habilidades espaciales, si bien las mismas parecen emerger entre los 6 años y la adolescencia.

La pregunta sobre si estas diferencias de género se deben al grado y desarrollo de la lateralización espacial de las funciones cognitivas ha producido múltiples y contradictorios estudios. Buffery (1976) concluyó que tanto el lenguaje como las habilidades espaciales se encontrarían completamente lateralizadas en las mujeres y con representación bi-hemisférica en varones. La hipótesis que subyace en estas afirmaciones es que, para un óptimo desarrollo de la función, es mejor la representación del lenguaje en un sólo hemisferio y las habilidades espaciales en ambos hemisferios. Por lo tanto, los varones presentarían un mejor desempeño en tareas espaciales y las mujeres en tareas que requieran de habilidades lingüísticas. En cambio, a partir de la misma evidencia, Waber (1976) afirma que la maduración sexual más temprana (el patrón femenino) está asociado con una menor lateralización, mientras que la maduración tardía (patrón masculino) queda asociada con una mayor lateralización. La menor lateralización se expresa en forma de un mejor rendimiento en tareas lingüísticas y la mayor lateralización en el mejor rendimiento en tareas espaciales, lo cual daría cuenta de las diferencias halladas.

Como podemos observar existen acuerdos en relación a diferencias de género en funciones cognitivas, pero estos también plantean discrepancias en relación a las teorías que darían cuenta de ellos. Ya en un estudio que tiene más de veinte años desde su primera publicación, McGlone (1980) concluyó que las diferencias de género se debían a que el cerebro masculino está menos lateralizado que el femenino. Posteriormente, evidencia en favor de esta hipótesis fue presentada por Gur y col. (2000) quienes mediante una resonancia magnética funcional (RMF) hallaron que las mujeres presentaban menor incremento de flujo cerebral en el hemisferio derecho que sus pares masculinos en tareas espaciales. En cambio, en tareas de analogías verbales no se encontraron diferencias en el rendimiento, de modo tal que ambos grupos mostraron el mismo nivel de activación del hemisferio izquierdo. Esto sugiere que, en regiones con mayor compromiso en tareas espaciales, la mayor activación derecha es hallada en varones y puede relacionarse con su

mejor rendimiento. Por otro lado, Kimura & Harshman (1984) confirmaron también hace tiempo algunos de estos hallazgos en pacientes con daño cerebral, pues encontró evidencia de que la apraxia constructiva ocurría en mujeres principalmente tras haber sufrido lesiones derechas anteriores. En cambio, las lesiones de varones se encontraban distribuidas más ampliamente en todo el hemisferio derecho. A su vez las funciones verbales de las mujeres se encontraban más dependientes del hemisferio izquierdo que las de los varones.

Las diferencias neuropsicológicas por género publicadas han sido relacionadas principalmente con el desarrollo y funcionamiento de la funciones corticales. Geschwind & Galaburda (1985) plantearon que los altos niveles de testosterona durante la gestación en fetos varones inhibiría el desarrollo del hemisferio izquierdo en favor del desarrollo del derecho. Esta hipótesis fue corroborada por estudios en ratas (Lewis & Diamond, 1995), en los que se halló que la corteza derecha era más gruesa que la izquierda desde el nacimiento a la adultez, y que las ratas hembras presentaban a los 90 días una corteza izquierda más gruesa. Es más, si se realizaba una resección de los ovarios al nacimiento, las hembras desarrollaban un patrón masculino de asimetría cerebral. A su vez, el modelo de asimetría entre los hemisferios también fue estudiado en una investigación realizada con fetos humanos (DeLacoste y col. 1991) en el que, usando un modelo sofisticado de análisis volumétrico, se encontraron asimetrías cerebrales en favor del hemisferio derecho en fetos varones, mientras que los hemisferios de los fetos mujeres presentaban el mismo tamaño con una pequeña tendencia a mayor tamaño del hemisferio izquierdo.

Como se mencionó previamente los factores y mecanismos que durante el desarrollo apuntan a la diferenciación de género también tienen un origen hormonal. Teniendo en cuenta, que uno de los grupos estudiados son púberes y prepúberes es relevante hacer un breve recorrido de los hallazgos de las investigaciones que han estudiados el efecto de las hormonas sobre variables neuropsicológicas. Para ello es imprescindible hacer mención a que las hormonas tienen dos tipos de efecto sobre el cerebro y el cuerpo: irreversibles y organizadores por un lado, y reversibles y moduladores por el otro. El primer efecto ocurre durante la sexta y décima semana de gestación y durante la

pubertad y adolescencia. El segundo es claramente evidente en el ciclo menstrual de la mujer. A su vez, se considera que no sólo el nivel de hormonas sino también la sensibilidad del cerebro a las mismas inciden sobre los efectos. La liberación de hormonas es influida no sólo por factores internos sino también por factores ambientales, tales como el nivel de estrés e incluso la luz. Los mismos afectan a la madre e, indirectamente, al feto (Gershwind & Galaburda, 1985). Si un feto XY no es expuesto al aumento de nivel de testosterona durante el primer tiempo de embarazo, es posible que resulte en la presencia de un niño con un cerebro femenino, pese a tener genéticamente su cromosoma XY. Debido a estos estudios, Lacoste interpretó sus resultados de asimetría cerebral in útero como efecto del nivel de testosterona circulante en sangre durante la gestación.

Por otro lado, Hampson (1990) investigó a mujeres en diferentes fases del ciclo menstrual y halló diferencias en el rendimiento neuropsicológico sujetas a cambios en el nivel hormonal. Cuando las mujeres presentaban un alto nivel de estrógeno, ellas rendían mejor en las pruebas en las que habitualmente poseen un mejor rendimiento que los varones, mientras que tenían un peor rendimiento en las pruebas en las que los varones suelen presentar un mejor desempeño. En cambio, durante el período que disminuye el nivel de estrógeno, se provocó el efecto contrario. Asimismo, Kimura (1992) informó que un alto nivel de testosterona en las mujeres estuvo relacionado con un mejor rendimiento en tareas espaciales y matemáticas, mientras que un mejor rendimiento se presentaba en varones cuyo nivel de testosterona era bajo. Para confirmar este hallazgo, en un estudio realizado por van Goozen y col. (1994), se encontró que las mujeres transexuales sujetas a tratamiento con andrógenos por un período de tres meses mejoraron sus habilidades viso espaciales y redujeron su fluidez verbal.

Las funciones cerebrales se desarrollan antes en las niñas que en los niños y ésta puede ser la causa por la cual el cerebro masculino se encuentre más lateralizado que el femenino. Un estudio realizado por Waber (1976) planteó que más allá del sexo, los adolescentes que maduran antes presentan un mejor rendimiento en tests verbales en comparación con los espaciales, mientras los adolescentes que maduran más tarde presentan el patrón inverso. Dado que en general las mujeres maduran antes que los varones, el mejor

rendimiento en habilidades espaciales en los varones sería consecuencia de una maduración más lenta. El estudio demostró que los sujetos que maduraban más lentamente presentaban un mejor rendimiento en habilidades espaciales, más no diferían en las habilidades verbales. A su vez, las diferencias de rendimiento entre hombres y mujeres disminuyen a medida que los sujetos envejecen, seguramente debido a una diferencia en los niveles hormonales (Moir & Jessell, 1989/1991).

Decir que nuestro cuerpo y nuestras predisposiciones genéticas son influidas por el ambiente es una obviedad; de hecho nuestro cerebro necesita adaptarse a un ambiente en particular. No obstante, investigadores, en particular de la sociología y psicología social, consideran que todas las diferencias de género son resultado del ambiente, la cultura y la crianza (Fausto-Sterling, 1992). Si fuese así, las diferencias de género no serían consistentes en diferentes partes del mundo. Estudios focalizados en las diferencias culturales han mostrado similares diferencias de género entre sujetos estadounidenses y japoneses; de hecho las mayores diferencias halladas respondían a factores culturales y no de género (Mann y colaboradores, 1990; Silverman, Philips & Silverman, 1996). A su vez los estudios que demuestran que las diferencias entre géneros disminuyen durante la vejez (Moir & Jensen, 1989/1991) podrían representar mayor evidencia a favor de que a medida que las hormonas disminuyen, las diferencias se hacen menos significativas.

Entre las investigaciones que examinan las diferencias de género, otros estudios han hecho hincapié en el estilo adoptado para resolver un problema, por ejemplo las estrategias verbales y seriales para resolver problemas espaciales y las estrategias espaciales para resolver problemas verbales. Allen (1974) halló que los hombres eran más proclives a resolver problemas espaciales mediante imaginaria mental, mientras que las mujeres usaban estrategias más concretas y seriales. Este estudio fue corroborado por Casey (1991) y se encuentra en la misma línea de investigaciones que sugieren que los hombres tienden a activar más el hemisferio derecho y las mujeres el izquierdo, si bien el problema puede requerir otro enfoque para su resolución. Addam y col. (1999) dentro de esta misma línea hallaron que en una tarea, que requería de respuesta verbal frente a una localización espacial, los varones

presentaban tiempos de reacción más cortos. Se infirió a partir de esto que la diferencia de género en los tiempos de reacción reflejaba, en consecuencia, una diferencia de estrategia de procesamiento. Las mujeres empleaban una estrategia serial, de izquierda a derecha, y los varones una estrategia binaria o dicotómica, donde los cuatro elementos ubicados en línea son divididos en elementos a la derecha y elementos a la izquierda.

Otros estudios sobre diferencias en estrategias en la resolución de un problema se han focalizado en rapidez vs. cautela. Klintberg y col. (1987) empleó tests computarizados para medir tiempo de reacción en la resolución de problemas viso espaciales. Los varones fueron significativamente más rápidos en la resolución de los mismos y cometieron mayor número de errores, evidenciando una estrategia impulsiva global. En cambio, las mujeres utilizaron una estrategia más cautelosa y reflexiva, cometiendo menor número de errores, pero empleando mayor tiempo. Este mismo perfil en el que los varones presentaron un menor control inhibitorio que sus pares de sexo femenino fue hallado en preescolares, dando por resultado que los varones tenían menor control inhibitorio que las niñas (Berlin & Bohlin, 2002). A su vez, Brocki & Bohlin (2004), en un estudio sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas en niños entre 6 y 13 años, halló diferencias de género en el tiempo de reacción entre niños y niñas en tests que evaluaban vigilancia frente a estímulos visuales que se presentaban en una pantalla a un tiempo y frecuencia predeterminada. El hallazgo fue interpretado también como que las niñas tendían a ser más cautelosas. Al mismo tiempo, en la investigación de Wirsén Meurling (2000) se encontró un perfil semejante: mayor rapidez y menor cautela en niños, y menor rapidez y mayor cautela en niñas durante una tarea que sólo mide tiempos de reacción frente a un estímulo visual. Cabe destacar que el hallazgo no se repitió frente a estímulos auditivos.

Dentro de esta línea de estudios en los que la rapidez y los tiempos de reacción entran en juego, resulta interesante el estudio realizado por Nicholson & Kimura (1996) en el que se comparó la rapidez de hombres y mujeres jóvenes en dos tareas manuales. En la primera, se les requería a los participantes que pulsasen una tecla telegráfica lo más rápidamente posible, mientras que en la segunda debían pulsar cuatro teclas lo más rápidamente posible pero, en este caso, siguiendo una secuencia que iba desde el dedo

Índice al meñique. Los resultados indicaron que las mujeres presentaron un rendimiento significativamente mejor que sus pares varones en la segunda tarea, dando cuenta de que las mujeres presentan mejor rendimiento en tareas que requieren la repetición de una secuencia. En estudios previos, se había reportado mejor rendimiento del grupo de varones en la primera tarea, es decir cuando debían repetir un movimiento único. Sin embargo, tal ventaja quedaba eliminada si se tomaba a la fuerza muscular y la morfología de la mano del hombre como covariables. De hecho, ya Denckla (1974) evidenció mejor rendimiento en niñas durante una tarea en la que se debía oponer pulgar e índice y realizar movimientos de acercar y alejar los dedos. El mejor rendimiento en la programación de una serie de movimientos da cuenta de mayores habilidades en el género femenino, en particular en niñas donde la fuerza muscular y la morfología no evidencia diferencia tan marcada como en la adultez.

En relación a las diferencias de género en tareas de memoria propiamente dichas, las investigaciones son escasas. En una revisión a partir de la bibliografía actual sobre el tema, se encontraron estudios tales como el de Kramer y colaboradores (2003), que continúan con la línea de la influencia hormonal y la diferencia entre habilidades verbales y espaciales entre géneros. Los resultados del estudio de Kramer indicaron que el rendimiento en memoria verbal disminuye a medida que se incrementa la edad en el caso de los hombres jóvenes, pero no ocurre lo mismo en el grupo de mujeres jóvenes. Por otro lado, en el grupo de hombres y mujeres mayores no se hallaron diferencias entre los grupos y el deterioro propio de la edad. Estos hallazgos serían consistentes con las hipótesis que relacionan nivel de estrógeno y memoria verbal con los estudios por imágenes, los cuales han encontrado atrofia hipocámpica en adultos varones jóvenes y no en mujeres. Por lo tanto, al momento de interpretar la diferencia de género en la presente investigación, va a ser de gran importancia el tener en cuenta no sólo lo que propiamente corresponde al género, sino también el aspecto de la edad de los sujetos. En este trabajo la población estudiada es la de los niños, por lo que el factor hormonal no debería tener la importancia que se plantea en muchos de los estudios revisados. Sin embargo, resulta importante considerar que dentro de este particular grupo, los niños mayores ya son prepúberes, lo cual indica que

Hipótesis, Metodología y Resultados

Objetivos e Hipótesis

A pesar de que la diferencia de género entre niños y niñas y entre hombres y mujeres ha sido un tema de exhaustivo interés para la ciencia en general y la neuropsicología en particular, hasta el momento no ha sido publicado trabajo alguno que se centre en la diferencia de género en el aprendizaje de una secuencia visomotora, por lo que se plantea el siguiente objetivo:

Evaluar la presencia o no de diferencia de género en el aprendizaje de una secuencia visomotora.

Las hipótesis formuladas a partir del presente objetivo son las siguientes:

- Hipótesis XIX: *No habrá diferencia significativa por el género en la adquisición del aprendizaje de la secuencia visomotora, medida a través de la disminución en los tiempos de reacción.*

La presente hipótesis es formulada a partir de la ausencia de bibliografía sobre diferencias por género en la adquisición de una secuencia visomotora. A su vez, las publicaciones existentes sobre diferencia de género no sugieren la existencia de una posible diferencia por sexo. La bibliografía que da cuenta sobre la diferencia entre varones y mujeres en relación al rendimiento mnésico trata sobre la memoria explícita verbal, presentando resultados que se desvanecen a medida que los niveles de estrógeno disminuyen (Kramer y colaboradores 2003). Por lo tanto, no se espera diferencia alguna, en particular con el grupo de los más pequeños donde la diferencia en el nivel de estrógeno de las niñas en relación con sus pares varones no es significativa.

- Hipótesis XX: *Las niñas, en particular las pequeñas, presentarán mejores tiempos de reacción que sus pares varones, a medida que la tarea se repita (fase de automatización de la tarea).*

Esta hipótesis radica en la diferenciación realizada por Exner entre la fase de automatización, donde el sujeto se vuelve cada vez más rápido en aparear el estímulo visual con la apropiada respuesta motora, y la otra que se refiere al aprendizaje implícito de la secuencia en sí mismo. Surge a partir de los estudios sobre género realizados por Nicholson & Kimura (2001) así como los de Denckla (1974) que dan cuenta del mejor rendimiento de las niñas en tareas que requieren de una programación de movimientos.

- Hipótesis XXI: *Las niñas, presentarán menor número de errores que los niños durante la realización de la tarea, ya sea en la fase implícita o con aprendizaje explícito previo.*

El origen de la formulación de la presente hipótesis es la investigación realizada por Klintberg y colaboradores (1987) en la que, al medir el tiempo de reacción en la resolución de problemas visoespaciales, se halló un perfil más lento y cauteloso en las mujeres (menor número de errores) y más rápido e impulsivo en los varones (mayor número de errores). Como la tarea en sí es diferente a la de la presente tesis, resulta pobre la evidencia a favor de la sustentación de esta hipótesis.

- Hipótesis XXII: *No se presentarán diferencias significativas por el género en la toma de conciencia de haber sido previamente expuesto a una secuencia.*

La hipótesis surge frente a la carencia de estudios sobre el tema y una tendencia general a considerar que existe más un perfil de similitudes entre los géneros que diferencias en cuanto a una evaluación neuropsicológica, más aún con un reducido número de casos. No obstante, teniendo en cuenta nuevamente la investigación de Klintberg y col. (1987) sobre el perfil más lento y cauteloso femenino, podría surgir una tendencia femenina (si bien no significativa para el número de casos evaluados) a tomar conciencia de una secuencia, pues al cometer menor número de errores se va progresivamente pudiendo focalizar correctamente en la respuesta, Esto permite tener más

posibilidades de darse cuenta de la existencia de un patrón en la presentación de los estímulos.

- Hipótesis XXIII: *El conocimiento explícito de la secuencia no diferenciará el rendimiento medido a través de tiempos de reacción y número de errores entre niños y niñas.*

La traducción del aprendizaje explícito y verbal de la secuencia a la tarea en sí misma también representa un terreno que no cuenta con investigaciones previas, por lo que nuevamente la hipótesis se sustenta en el simple hecho de que las diferencias entre géneros, si bien existentes, suelen ser más hallazgos que el patrón esperado.

Resultados

La metodología empleada para evaluar los distintos patrones de rendimiento entre ambos grupos (varones y niñas) fue igual a la utilizada con el fin de evaluar diferencias entre el grupo de niños pequeños y mayores (véase lo ya desarrollado en el capítulo II, pág. 67). En relación a los tiempos de reacción del experimento I, se obtuvieron un total de cinco medias por cada sujeto (una por cada bloque del experimento I), además de la media correspondiente al experimento II. En cuanto al número de errores, se obtuvo un total de cinco puntajes de número de errores del experimento I (uno por bloque) y el puntaje total de los errores del experimento II. Estos fueron los puntajes escogidos para proceder a realizar los análisis estadísticos que se describen a continuación.

En primer lugar, con el objetivo de conocer la presencia o no de diferencia de género en el aprendizaje de una secuencia visomotora se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se compararon el grupo de varones vs. el grupo de niñas a través de los tiempos de reacción de los cinco bloques (grupo(2) x bloque (5)). Los resultados no evidenciaron diferencia significativa entre ambos grupos ($F(4,228) = 1,71; p < .1486$), comprobándose la hipótesis de que no habría diferencia de género en la adquisición de una secuencia visomotora. No obstante ello, cuando se buscó

diferenciar el aprendizaje de la secuencia visomotora en sí misma de la automatización de la tarea, el resultado evidenció una diferencia significativa por género. Es decir cuando se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) entre los dos grupos (varones vs. niñas) y el bloque 4 y 5 para evaluar el aprendizaje de la secuencia en sí misma, en contraste a lo formulado en la hipótesis se halló una diferencia significativa por género ($F(1,57)=5,28; p<.025$). El grupo de varones alcanzó un mayor aprendizaje de la secuencia, medido a través de la disminución de los tiempos de reacción (Gráfico 42). En cambio, cuando se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) comparando los tiempos de reacción entre el bloque 1 y bloque 4, con el fin de evaluar si en la fase de automatización habría diferencias de género, los resultados fueron diferentes a lo esperado. Las niñas no presentaron mejor rendimiento en la fase de automatización. ($F(1,57)=,00; p<,.9868$) (Gráfico 43). Esta diferencia tampoco se evidenció en el grupo de niñas pequeñas ($F(1,57)=,00; p<,.9868$), como se especulaba.

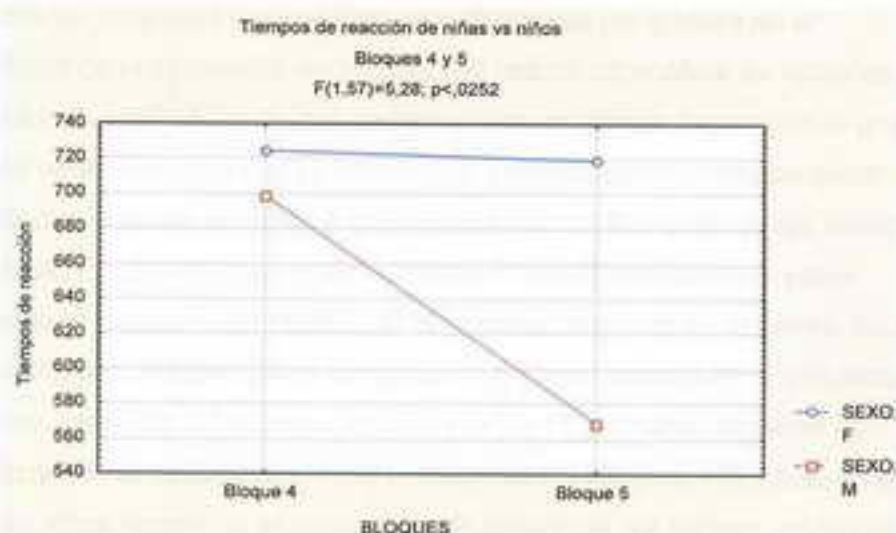


Gráfico 42



Gráfico 43

Al haberse hallado una diferencia significativa entre niños y niñas en el aprendizaje de la secuencia visomotora en sí misma (comparar bloques 4 y 5), se ahondó en dicha diferencia con el fin de conocer si ambos grupos de niños (menores vs. mayores) presentaban esta diferencia por género en el aprendizaje de la secuencia visomotora. Se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se seleccionó, en primer lugar, sólo el grupo de niños pequeños (grupo (2) x bloque (2)) y se compararon ambos géneros. Se halló que el grupo de niñas menores no alcanzaba el aprendizaje implícito de la tarea ($F(1,28)=6,47; p<,0167$) (Gráfico 44), mientras que sus pares varones sí lo lograban. En cambio, al seleccionar el grupo de mayores, no se observó diferencia significativa por género en el aprendizaje de la secuencia en sí misma. Tanto las niñas como los niños entre 11 y 12 años lograron el aprendizaje de la secuencia ($F(1,27)=,08; p<,7814$) (Gráfico 45) y sólo en el grupo de niños pequeños se presentó esta diferencia por género, en la que las niñas no llegaron a aprender la secuencia visomotora.

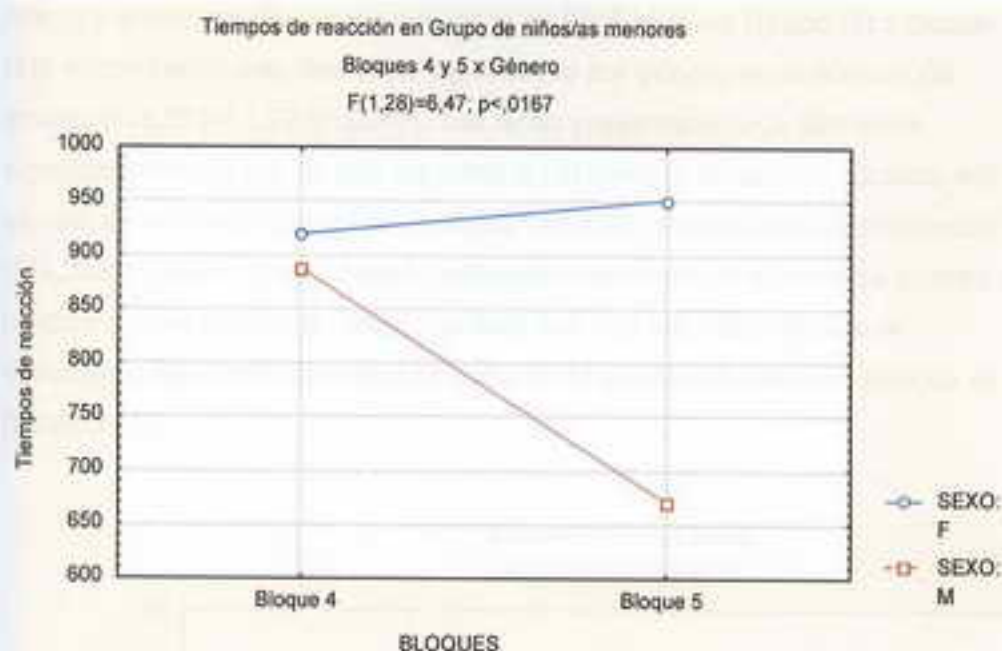


Gráfico 44

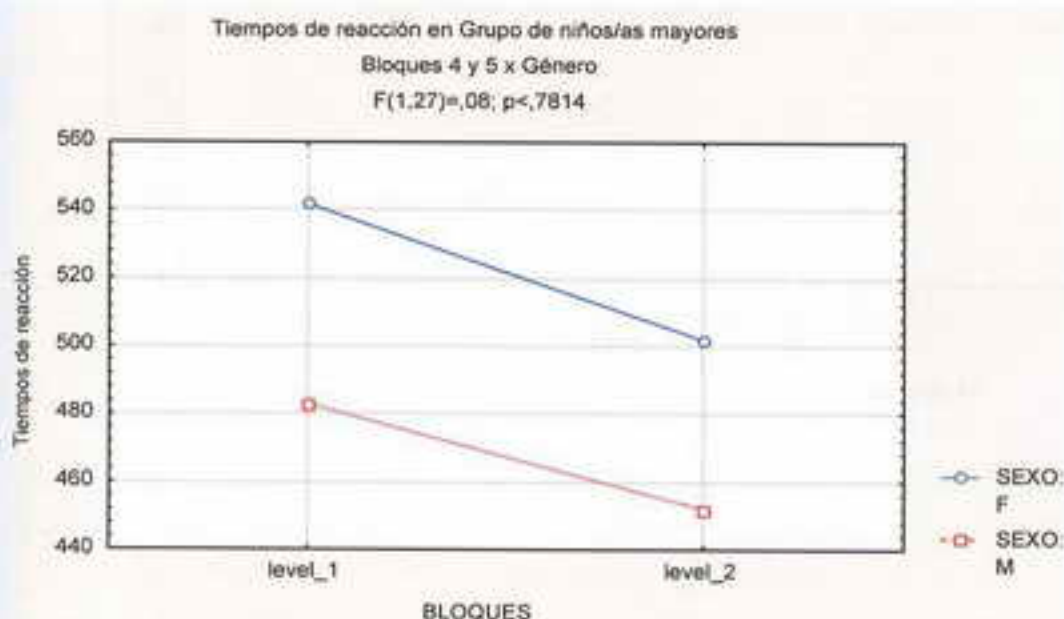


Gráfico N° 45

La Hipótesis XXI planteaba que las niñas presentarían menor número de errores que los niños durante la realización de la tarea, ya sea implícita o con

aprendizaje explícito previo. Para ello, se llevó a cabo un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se compararon los dos grupos (niñas vs. niños) y el número de errores a lo largo de los 5 bloques (grupo (2) x bloque (5)), encontrando una diferencia significativa por género en el número de errores ($F(1,57)=11,72; p<,0012$). Las niñas presentaron una diferencia significativamente menor que los niños en el número de errores (Gráfico 46). A su vez, en la interacción grupo x bloque también se evidenciaron diferencias ($F(4,228)=4,24; p<,0025$), pues los niños incrementaron el número de errores a medida que se repetía la tarea; mientras que con las niñas no sólo el incremento fue menor sino que se daba en la secuencia aleatoria (bloque 4) (Gráfico 47).

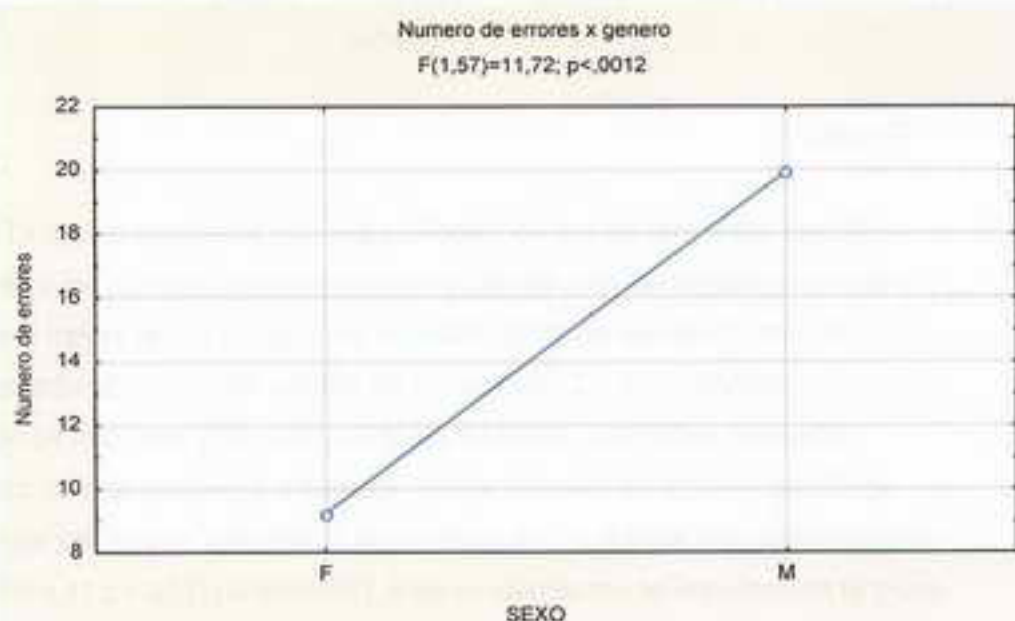


Gráfico 46

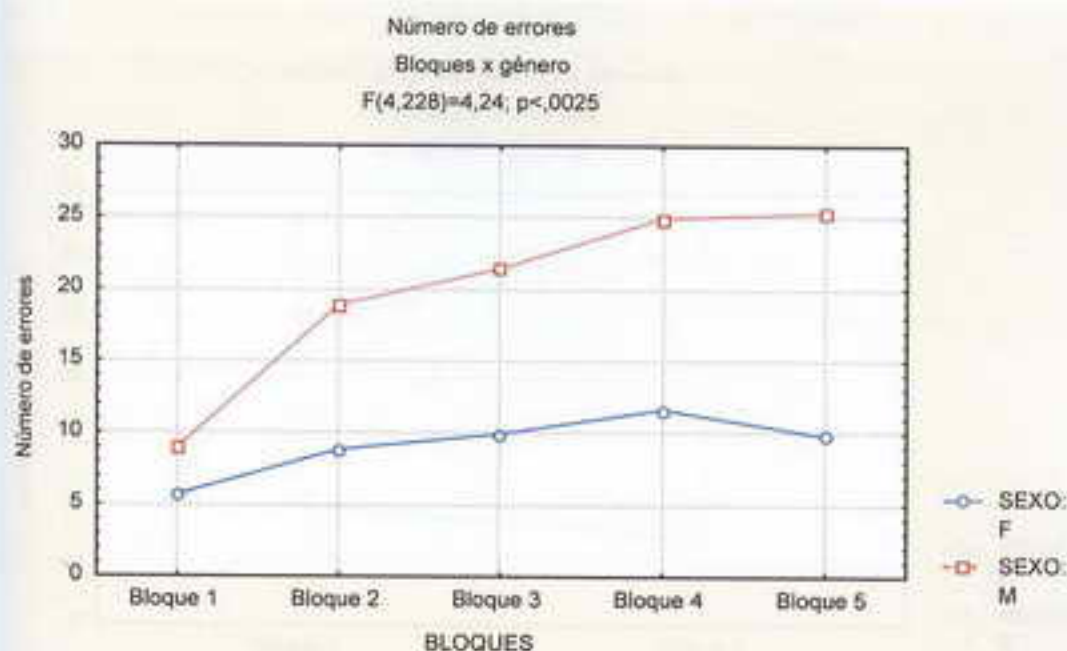


Gráfico 47

Teniendo en cuenta que hubo diferencias por género entre los niños menores y mayores en relación al aprendizaje de una secuencia visomotora medida a través de los tiempos de reacción, también se realizó una ANOVA comparando el número de errores de los bloques 2 y 5 por género, primero en el grupo de menores y luego en el de los mayores. Las niñas pequeñas presentaron una tendencia a cometer menor número de errores cuando la secuencia se repetía, mientras que los niños de 7 y 8 años los incrementaron ($F(1,28)=3,41; p<,075$) (Gráfico 48). Esta tendencia no se encontró en el grupo de niños y niñas mayores ($F(1,27)=,37; p<,5498$).

Dado que se planteó como hipótesis que las niñas también presentarían menor número de errores que los niños durante la realización de la tarea previo al aprendizaje explícito de la secuencia (Experimento II), se realizó una ANOVA comparando el número de errores entre ambos grupos (niños y niñas), donde se halló el mismo perfil ($F(1,56)=9,32; p<,0035$), puesto que las niñas presentaron menos errores que sus pares varones (Gráfico 49).

Número de errores (Grupo de menores)

Bloques 2 y 5 x Género

$F(1,28)=3,41; p<,0755$

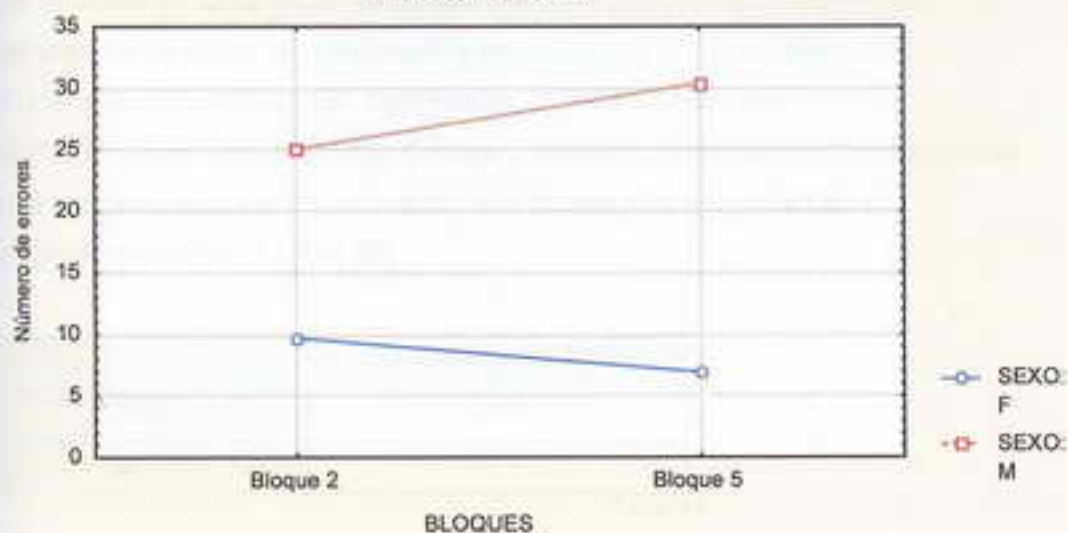


Gráfico N° 48

Experimento II

Número de errores x género

$F(1,56)=9,32; p<,0035$

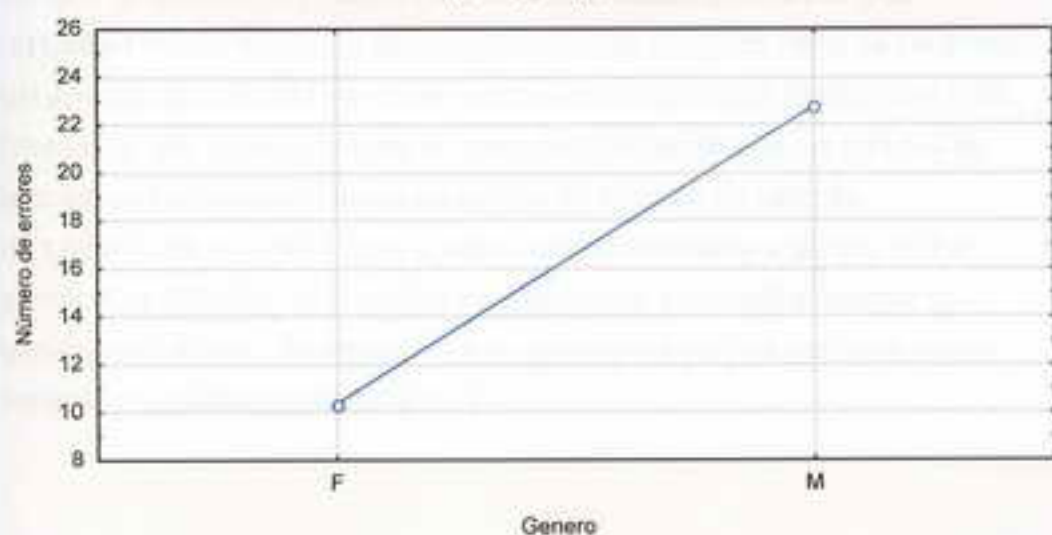


Gráfico N° 49

Por el contrario, con el objetivo de evaluar y comparar si se presentarían diferencias significativas por género en la toma de conciencia de haber sido previamente expuestos a una secuencia (Hipótesis XXII), se sacó el porcentaje de niños/as en cada grupo estudiado (varones vs. mujeres) que tomaba conciencia de haber sido expuesto a la secuencia. Los resultados no evidenciaron una diferencia significativa entre ambos grupos ($F(1,58)=,85; p<,36$), pues sólo 9 niñas y 10 niños contestaron afirmativamente a la pregunta sobre si consideraban que los perritos aparecían en un determinado orden. (Tabla 16)

	Tomaron conciencia
Niñas	29%
Varones	39%

Tabla 16

Por último, se realizó un análisis de varianza bidireccional (ANOVA) en el que se compararon varones y niñas en la realización del bloque implícito (bloque 5 del experimento I) y el bloque explícito (grupo (2) x bloque (2)). Los resultados indicaron que el tener conocimiento explícito de la secuencia beneficia el aprendizaje de una secuencia visomotora medido a través de los tiempos de reacción ($F(1,56)=9.59; p<.0031$) a ambos grupos por igual ($F(1,56)=1.75; p<,1908$). Es decir, tanto las niñas como los niños se benefician del aprendizaje explícito previo de la tarea, comprobándose la Hipótesis XXIII. (Gráfico N° 50). Al llevar a cabo el mismo análisis empleando el número de errores, se halló mayor número de errores en el grupo de varones ($F(1,56)=13.72; p<.0005$), pero la interacción experimento x género no fue significativa ($F(1,56)=1.17; p<,28$); es decir, no se evidenció diferencia por género en el número de errores ya sea que la tarea contara con aprendizaje implícito o explícito previo (Gráfico N° 51).

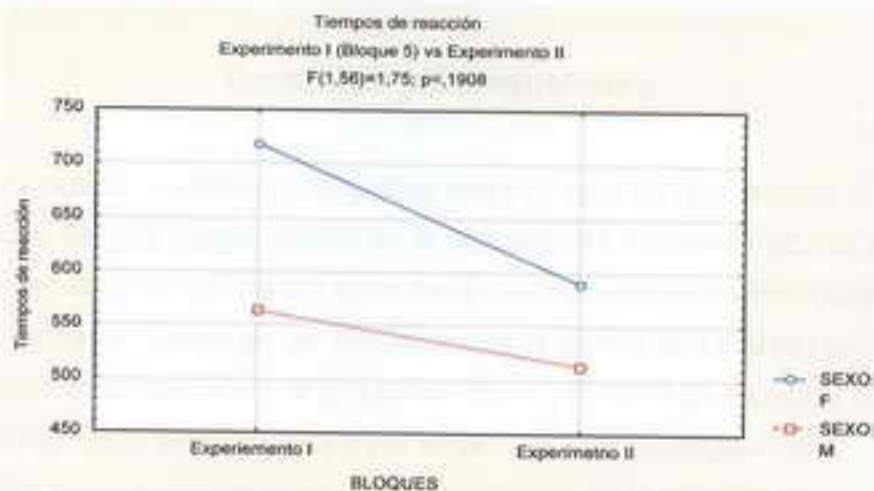


Gráfico N° 50

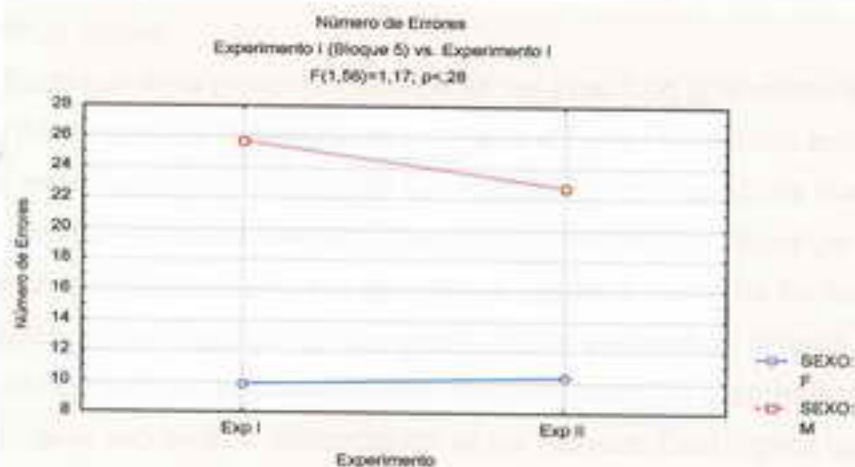


Gráfico N° 51

Discusión y Conclusiones

Al realizar la revisión bibliográfica sobre el tema de la diferencia de género, no se halló ningún artículo en la población de niños o de adultos que comparase el rendimiento en el aprendizaje de una secuencia visomotora entre ambos sexos. Sin embargo, las discrepancias de género en el rendimiento y las estrategias en la resolución de problemas ha sido un tema de estudio y debate en el mundo de la neuropsicología por larga data. Las investigaciones realizadas hasta el momento han sido consistentes en el hallazgo de diferencias entre hombres y mujeres, no obstante lo cual las explicaciones dadas en torno a estas diferencias son aún contradictorias y están abiertas a un continuo debate.

Dado que en la presente investigación se evaluó un igual número de niños y niñas, se tomó la decisión de comparar el rendimiento entre ambos grupos, encontrando resultados más que sorprendentes. Cuando se realizó un primer análisis, pareció no hallarse diferencia alguna desde el factor género. Sin embargo, al ahondar sobre el aprendizaje medido a través de los tiempos de reacción, se encontró que ambos grupos logran automatizar la tarea al mismo ritmo, pero que el grupo de niñas pequeñas no logra el aprendizaje implícito de la secuencia a diferencia del de los varones. Esto implica que fueron refutadas tanto la hipótesis referente a que no habría diferencia por género en el aprendizaje de una secuencia (Hipótesis XIX) como la que dice que las niñas menores presentarían mejores tiempos de reacción que sus pares varones en la fase de automatización (Hipótesis XX). En cambio, cuando se evaluó al grupo de niñas menores mediante la otra medida de aprendizaje implícito, o sea el número de errores, las niñas pequeñas mostraron una tendencia a disminuir el número de errores cuando la secuencia se repetía. Por lo tanto, dado que este grupo aumentó los tiempos de reacción pero disminuyó el número de errores cuando la secuencia se repetía, no se puede afirmar que no presentó aprendizaje implícito de la secuencia. En realidad, este resultado deja en claro que el perfil de aprendizaje fue diferente al de sus pares varones. Es decir, mientras que los niños pequeños evidenciaron el aprendizaje de la

secuencia disminuyendo sus tiempos de reacción, las niñas lo hicieron disminuyendo el número de errores.

Asimismo, esta tendencia de las pequeñas recuerda las investigaciones de Klintberg y col. (1987) y Wirsén Meurling y col. (2000) en las que, en tareas de resolución de problemas visoespaciales y de tiempos de reacción frente a estímulos visuales respectivamente, las mujeres presentaron un perfil más lento pero más cauteloso, evidenciando una actitud más reflexiva, mientras que los niños presentaron una respuesta más impulsiva global. Ni Klintberg ni Wirsén Meurling refieren mayor explicación frente a este fenómeno que la previamente referida superioridad de los varones frente a tareas visoespaciales. En la presente investigación, el TTRS, presenta un input visual y, de hecho, los resultados evidencian un perfil semejante al hallado en las investigaciones de Wirsén Meurling y col. (2000): las niñas cometen menor número de errores mientras que los niños presentan mejores tiempos de reacción.

Es probable, además, que esta diferencia de género en los tiempos de reacción sea también consecuencia de las diferencias en el procesamiento de la información. Esta hipótesis surge a partir de una investigación de Adam J. J. y col. (1999) en la que se hallaron tiempos de reacción más cortos en varones durante una tarea en la que, al presentarse cuatro estímulos en una pantalla, se requería una respuesta verbal frente a una localización espacial. A partir de los resultados obtenidos, se infirió que las niñas empleaban una estrategia secuencial mientras que los niños una estrategia binaria. Es decir, las niñas analizaban los estímulos en un orden de izquierda a derecha, mientras que los niños dividían los estímulos de derecha a izquierda. Vinculando esta hipótesis con los resultados obtenidos en el TTRS del presente estudio, una explicación tentativa es que la estrategia binaria, si bien logra mayor rapidez en el procesamiento de la información pues divide los estímulos simplemente en derechos e izquierdos, lleva también a cometer más errores pues en cada campo visual se presentan dos estímulos. En cambio, la estrategia empleada por las niñas requiere mayor tiempo para su consecución, pero lleva a cometer menos errores que la de los varones.

Este perfil tan diferenciado en el aprendizaje de una secuencia visomotora se hizo claramente evidente en el grupo de menores. En el grupo

de niños mayores, el perfil de aprendizaje coincidió en que ambos grupos disminuyeron los tiempos de reacción a medida que la secuencia se repetía, si bien los niños presentaron una tendencia a poseer tiempos de reacción globalmente más rápidos. Es decir, pese a que las niñas mayores presentan tiempos levemente más lentos, ellas mostraron disminución en los tiempos de reacción cuando la secuencia se repetía. Asimismo, en relación a la cautela expuesta previamente como características de las niñas pequeñas, la misma no se evidenció en el aprendizaje de la secuencia en sí misma sino en un patrón general de respuesta de las niñas mayores que presentó un significativo número menor de errores que sus pares varones, tal como se había formulado previamente en la hipótesis. Más aún, los niños mayores presentaron significativamente más número de errores que las niñas pequeñas, lo que brinda más evidencia, a favor de un perfil femenino cauto por un lado, y en segundo lugar, para sustentar la idea de un perfil masculino más impulsivo y una posible diferencia en el procesamiento de los estímulos visuales (secuencial vs. binario) que conduce a un mayor número de errores en los niños. Teniendo en cuenta que los cuatro grupos (niñas menores y mayores, y niños menores y mayores) incrementaron el número de errores a medida que se repetía la secuencia, cabe preguntarse sobre cómo repercutió el factor del cansancio en cada uno de los grupos estudiados. En ambos grupos, el factor cansancio tuvo una dirección inversamente proporcional a la repetición de la tarea. En otras palabras, a medida que la tarea se continuaba en el tiempo, se incrementaba el número de errores. No obstante ello, la posible variable cansancio/aburrimiento incidió significativamente más en el grupo de varones que en el de las mujeres. Frente al cansancio / aburrimiento, pareció que las niñas optaron por continuar cuidando sus respuesta antes que acelerar sus tiempos de reacción.

La hipótesis de que las niñas presentarían mejores tiempos de reacción que sus pares varones a medida que la tarea se repitiese, basada en los estudios que evidenciaron mejor rendimiento en las niñas en tareas que requiriesen de una programación de movimientos (Denckla, 1974) y en tareas que requiriesen de una repetición de secuencia motora (Nicholson & Kimura, 1996), fue refutada. Al medir la automatización de la tarea, las niñas no presentaron un aprendizaje más rápido de la tarea *per se*, más allá de la

secuencia. La razón de esta diferencia puede centrarse en que, si bien la presente tareas tiene un output motor, el input es la localización espacial del estímulo, por lo que la probable mayor rapidez femenina en la programación de una serie de movimientos puede verse neutralizada por el input visoespacial y la estrategia de procesamiento secuencial que disminuye el tiempo de reacción.

En suma, a partir de los resultados obtenidos en las mediciones sobre la diferencia de género, se concluye que

- 1) El aprendizaje implícito de una secuencia visomotora se manifestaría en forma diferente en niñas y niños.
- 2) Las diferencia de género en el aprendizaje implícito de una secuencia visomotora sería consecuencia de variables secundarias al aprendizaje implícito en sí mismo. A saber, diferencias por sexo en tareas visoespaciales, discrepancias en formas de procesamiento de la información ante estímulos visuales y diferencias en el perfil de impulsividad vs. cautela entre niños y niñas.
- 3) El desarrollo por género del aprendizaje de una secuencia visomotora presentaría diferencias en su manifestación a lo largo de la niñez.

Capítulo VI

Conclusión y Discusión Final

Múltiples son las discusiones entre aquellos que respaldan el análisis estadístico como una metodología de investigación en el campo de la psicología y aquellos otros que se oponen, considerando que con éste se pierde la individualidad de cada sujeto, porque se lo reduce a una serie de fórmulas y cálculos numéricos. La presente tesis, eminentemente cuantitativa, no duda del gran aporte brindado por esta rama de las matemáticas en el análisis de datos y el descubrimiento de importantísimos hallazgos en la psicología y ciencias humanas hoy en día. No obstante, es importante destacar sobre la diferencia encontrada cuando se comparó el aprendizaje implícito de la secuencia visomotora, a través de un análisis estadístico de toda la muestra, y cuando se realizó una comparación de los tiempos de reacción caso por caso. Mediante la metodología de análisis estadístico empleada en toda la muestra no se halló diferencia entre los tiempos de reacción ni en el grupo de niños pequeños, ni en el grupo de mayores. Sin embargo, al realizarse un análisis uno a uno de los tiempos de reacción de cada uno de los niños que participaron en la investigación, se halló que un mayor porcentaje de niños del grupo de los menores no lograban mejores tiempos de reacción en el bloque secuencial en comparación con el aleatorio. Por lo mismo, se llegó a la conclusión de que, a pesar de no evidenciarse diferencias en el desarrollo de la memoria implícita, existen diferencias individuales en el ritmo de maduración del aprendizaje implícito de una secuencia. Esta conclusión, no es menor pues es un claro aporte de que, si bien la metodología estadística permite y ha permitido múltiples avances en el campo de la ciencia brindando estabilidad y objetividad, es fundamental particularmente en la clínica, tener en cuenta la individualidad propia de cada persona. No obstante, es justo y cabe preguntarse a partir de esta investigación, si el hecho de incrementar el número de casos en cada grupo supondría alguna opción para que las diferencias individuales se plasmaran numéricamente.

Es claro que los niños aprenden a hablar y utilizan correctamente la gramática de una lengua sin poder dar cuenta de las reglas específicas que rigen dicho lenguaje; incluso, si se les preguntara, ellos no podrían seguramente comprender y mucho menos responder acerca de si están hablando siguiendo una estructura gramatical en particular. Los niños aprenden también a operar controles remotos o incorporan cotidianamente secuencias de

movimientos, sin que esto suponga el que sean concientes de la serie de pasos que han sido necesarios para alcanzar una meta. A lo largo del desarrollo, este conocimiento implícito se va volviendo asequible a la conciencia y, poco a poco, llega a la instancia incluso de ser verbalizable. Este paso de un conocimiento implícito a otro explícito a lo largo de la infancia es el mismo que se observó en la presente investigación a través de la pregunta realizada sobre si consideraban que los estímulos siguen determinado orden. El resultado arrojó que los mayores fueron más sensibles a descubrir tal patrón de respuesta en desmedro de los más pequeños.

Ante este hallazgo, la pregunta que surgió resulta altamente interesante y provocadora: ¿acaso esta tendencia a responder afirmativamente a la pregunta sobre la secuencia es parte propia del desarrollo independiente de las enseñanzas del medio y sus mayores? Es decir ¿el sujeto comienza a considerar la posibilidad de un patrón en la sucesión de eventos a partir de un análisis de los estímulos a través de la memoria de trabajo, producto de la maduración de la corteza prefrontal? o ¿es, en cambio, un patrón aprendido a lo largo de años en que los sujetos descubren y se les enseña que la sucesión de eventos no es tan casual como se creía sino más bien causal? Es decir, parecería claro que no llueve porque sí, sino porque se da una serie de variables –humedad, presión ambiental, diferencias de temperaturas, etc– que conjugadas provocan el efecto de la lluvia. O bien, una máquina no funciona bien o mal milagrosamente, sino por una serie de engranajes y circuitos que permiten su funcionamiento y operatividad. Esta tesis, particularmente desde este tema, abre un campo de investigación en el que el TTRS puede ser de gran utilidad. Una opción podría ser presentar un simil TTRS con múltiples bloques aleatorios a tres grupos de edad (niños menores, niños mayores y adultos) a fin de evaluar si, a pesar de la aleatoriedad de la sucesión de los estímulos, los mayores buscan cierto patrón de aparición de los mismos. Otra opción supondría el correlacionar los dos grupos con un cuestionario que explore el grado de pensamiento mágico del niño. Desde ya, que tanto una como la otra a su vez expanden nuevas líneas de análisis y generan inquietantes preguntas.

Por otro lado, una de las conclusiones previamente expuesta en el capítulo III, pág 120 fue que la toma de conciencia de la existencia de una

secuencia lleva a adoptar un perfil de mayor precisión en las respuestas. Sin embargo, es también plausible que otra variable, tal como la madurez del lóbulo prefrontal, lleve tanto a buscar un patrón de respuesta como a presentar un perfil de mayor precisión. Esto también introduce dentro del área un campo interesante para futuros trabajos. Asimismo, la correlación entre la toma de conciencia y la cautela en las repuestas amerita una reflexión más exhaustiva, puesto que se podría también profundizar en el modo en que se entrelazan ambas variables: es decir, a medida que la tarea se repite, se toma conciencia de la posible existencia de un patrón —lo que lleva a disminuir el número de errores— hasta finalmente hallar la secuencia en cuestión, aprenderla, automatizarla y lograr finalmente una nueva disminución del número de errores. Este último aspecto, si bien especulativamente suena posible, se asentaría sobre una serie de trabajos de campo que intenten probar esta hipótesis, de modo tal de llegar a aislar la variable cansancio que también incide en el número de errores (ej: tomar los bloques en días consecutivos).

Múltiples estudios se han dado cuenta tanto de la relación entre cansancio y atención, como de que la atención es una variable fundamental en cualquier tarea que realizamos hasta tanto la misma se realiza de manera completamente automatizada. Sin embargo, hasta la fecha, los estudios realizados con TTRS evidenciaban sólo mínimamente la importancia de esta variable. En la presente versión del TTRS administrada a los niños, el valor atencional pasa a hacerse evidente en el número de errores a medida que la secuencia se repite, como en la correlación entre número de errores y rango atencional. Sería de interés para futuras investigaciones la administración de tests que evalúen no sólo el rango atencional auditivo sino también la atención sostenida, la atención selectiva, el control atencional, la atención frente a una sucesión de estímulos visuales, etc. De esta manera, se podría diferenciar qué tipo de atención es la más importante para lograr eficacia en las respuestas durante la realización del aprendizaje de una secuencia visomotora. A su vez, dichos resultados podrían permitir adentrarnos más sobre las variables que inciden en el aprendizaje de una secuencia visomotora, a fin de brindar, tanto en el campo de la rehabilitación como en el de la educación, los elementos más adecuados para favorecer el aprendizaje en cuestión (por ejemplo, el enseñar una tarea visomotora en bloques breves con recreos intermedios en lugar de

uno extenso). También representa un hallazgo posible de emplear si queremos evitar equivocaciones o errores que puedan interferir en el aprendizaje e, incluso, dañar al niño, a un tercero o a un objeto si la tarea se extiende en el tiempo y el sujeto comienza a incrementar la cantidad de errores no intencionales.

La transpolación de los hallazgos de la presente tesis al servicio educativo ha sido siempre uno de los objetivos primarios del trabajo en cuestión. A tal fin, sería útil imaginar a un niño que recibe como regalo un nuevo programa de computación, frente a lo cual podrían surgir los siguientes interrogantes ¿es preferible enseñarle a utilizarlo o sería más conveniente que vaya probando y haciendo camino al andar? La respuesta depende de la celeridad con que se desea que logre conocer cómo funciona. Tanto de una manera como de la otra, sin duda el niño logrará el objetivo: operar el nuevo programa. Sin embargo, las evaluaciones llevadas a cabo en esta tesis y los resultados obtenidos ofrecen un importante aporte: a partir de al menos los siete años de edad, el aprendizaje explícito y verbal favorece el aprendizaje de la secuencia, en lugar de repetidas exposiciones a un aprendizaje implícito. Es decir, si bien el niño logrará operar el programa ya sea que siga un camino o el otro, ha sido comprobado que logrará incorporar dicha operatividad con mayor rapidez si se lo enseñamos explícitamente. Este hallazgo, en particular, tiene una variedad de funciones en el día a día. En primer lugar, es importante para la enseñanza de programas de computación, para el uso de electrodomésticos o telefonía celular, e incluso cualquier tarea que requiera seguir una secuencia ordenada de pasos, incluso en áreas menos mecánicas o de desarrollo artístico/físico, como ser al aprender un paso de danza o una secuencia de movimientos requeridos en un deporte (ej: el servicio en tenis o un estilo en natación). En segundo lugar y particularmente en referencia al ámbito de la rehabilitación pediátrica, este hallazgo permite comprender la importancia de un profesional que trabaje con niños diagnosticados con encefalopatías crónicas no evolutivas o lesiones medulares que necesitan aprender a operar una nueva silla a motor, una computadora portátil o cualquier otro medio de comunicación aumentativa o alternativa, de manera tal de facilitar el acceso y aprendizaje a dichos medios que pueden mejorar significativamente la calidad de vida de este grupo de niños.

Por último, desearía compartir que, más allá de las conclusiones elaboradas, el trabajo de investigación testimoniado en esta tesis expresa un camino que, a lo largo de estos años, me ha enriquecido mucho más de lo que se ha podido plasmar en esta escueta discusión final. Se trata de una serie de conclusiones que me gustaría compartir a modo de cierre. En primer lugar, creo en el valor de cada mínima investigación que a veces, por más pequeña que haya sido, cuando es complementada con otras, brinda un aporte más que a modo de eslabones se van uniendo y haciendo posible el crecimiento de la investigación científica. La ciencia se nutre, no exclusivamente de los grandes hallazgos aislados, sino de una red de esfuerzos conjuntos, de un trabajo colectivo en pos de un bien común. En segundo lugar, creo en el valor académico y profesional de la sistematización, planificación y organización en la recolección de bibliografía, material y casuística. En tercer lugar, creo en la importancia de publicar nuestros hallazgos e investigaciones, pues es la forma de compartirlos y permitir a otros generosamente enriquecerse con nuestros esfuerzos. En cuarto lugar, creo que nunca debemos sucumbir a la tentación de dejarnos llevar por las primeras impresiones en la recolección de datos y análisis estadísticos. Es necesario e imperioso seguir una ética profesional que nos obligue a ahondar seriamente en los casos que estudiamos y, en algunos casos, nos inste a hacer y relacionar variables a fin de descubrir vínculos no previamente pensados y, en consecuencia, estar abiertos y dejarnos sorprender por las redes de posibilidades que se abren ante nuestro espíritu inquisidor. En quinto lugar, creo que toda investigación en el campo de la neuropsicología, por más alejada del día a día y de la clínica que parezca, no sólo necesariamente remite a esa cotidianeidad, sino que además, desde ella es que puede justificar métodos, estrategias, terapias y decisiones que ayuden a diagnosticar, rehabilitar o comprender el accionar de una persona. Finalmente, creo que existe un valor no cuantitativo ni muchos menos económico en el quehacer científico. En mi caso, éste radica en la bendición de haber descubierto un grupo humano que ama la investigación en general y a la neuropsicología infantil en particular, el cual generosamente y con un extraordinario nivel profesional y humano está comprometido a trabajar en equipo en función del mismo objetivo: ayudar a nuestros niños. Con ellos cierro

este trabajo de investigación porque son los que estuvieron y siguen estando presentes en cada paso de mi camino profesional y personal.

Anexos

Anexo I

Consentimiento

Señores Padres:

Mi nombre es Flavia Dorrego y soy licenciada en psicología y ex-alumna del colegio. Actualmente me encuentro realizando mi doctorado en psicología sobre el tema "Aprendizaje de una secuencia visomotora en niños en edad escolar". Para su realización requiero evaluar niños de 7, 8, 11 y 12 años de edad con tests de memoria y abstracción. Llego a Uds. con el objetivo de preguntarles si es posible que sus hijos/as participen en la presente investigación. Cabe aclarar que la identidad de los niños/as quedará completamente reservada y que el único objetivo es conocer en que medida niño/as en edad escolar realizan esta clase de aprendizaje. Si estarían de acuerdo que su hijo/a participe en la investigación por favor firme a continuación y complete el cuestionario adjunto:

Estoy de acuerdo

No estoy de acuerdo

Firma _____ Aclaración _____

Anexo II

Historia de desarrollo

Señores Padres:

A continuación encontrarán un cuestionario con preguntas sobre la historia médica y escolar de su hijo/a. El objetivo es que los niños que participen en la presente investigación no presenten historia de trastornos neurológicos y/o psiquiátricos, ni historia de repetidos fracasos escolares. Uds. deben sentirse libres de completar el siguiente cuestionario, si por alguna razón ese no es el hecho, no representa inconveniente alguno y desde ya agradecemos su colaboración cualquiera sea el caso.

Nombre del niño/a: _____

1- ¿Tuvo la madre alguna enfermedad durante el embarazo?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual a continuación:

2- ¿El niño/a nació prematuro?

A término

Prematuro (_____ especificar semanas)

3- ¿A qué edad dio sus primeros pasos?

_____ meses

4- ¿A qué edad dijo sus primeras palabras?

_____ meses

5- ¿A qué edad controló esfínteres?

_____ años

6- ¿Perdió el niño alguna habilidad (ej: hablaba y dejó de hablar)?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual a continuación:

7-¿ Tiene su hijo alguna dificultad visual y/o auditiva?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual a continuación:

8- ¿Ha tenido su hijo/a alguna enfermedad importante/ lesión/ hospitalización y/o cirugía?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual y cuando a continuación:

9- ¿Ha tenido su hijo/a alguna enfermedad psiquiátrica

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual y cuando a continuación:

10-¿ Toma su hijo/a alguna medicación actualmente?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual y cuando a continuación:

11-¿Ha repetido su niño/a algún grado?

SI

NO

En caso de respuesta afirmativa, especificar cual y cuando a continuación:

12-¿Concurre mi hijo/a a alguna escuela especial o grado de recuperación?

SI

NO

Anexo III

Ejemplo

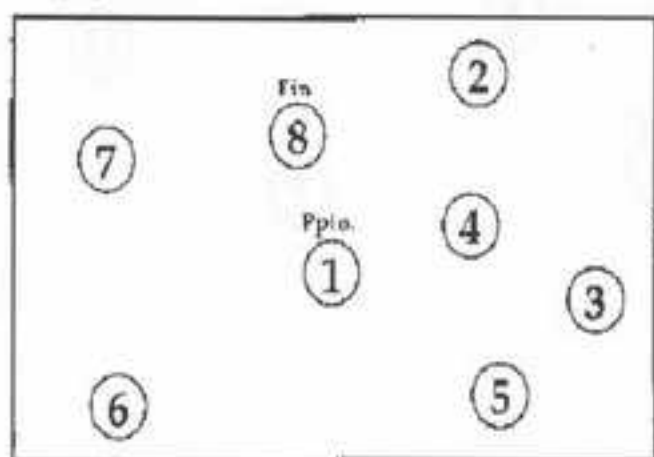
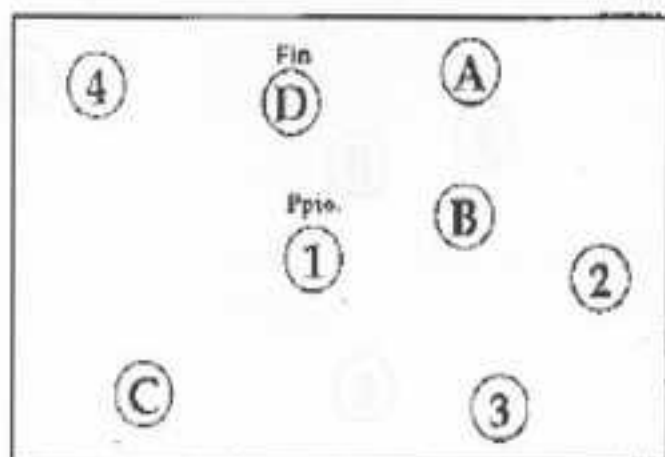


Fig.

15



Ejemplo



Bibliography

Fig.

⑧

④

③

④

③

⑦

①

⑤

②

⑥

①

②

⑥

⑤

⑦

Bibliografía

- ADAM, J.J.; PAAS, F.; BUEKERS, I.,J.; WUYTS, I.J., SPIJKERS, W.A. & WALLMAYER, P. (1999)
"Gender Differences in Choice Reaction Time: Evidence for Differential Strategies" En *Ergonomics*, 42, pág. 237 - 235.
- ANDERSON, V. (2001)
"Assessing Executive Functions in Children: Biological, Psychological and Developmental Considerations" En *Pediatric Rehabilitation*, 2001, 4 (3), pág. 119 -136.
- BADDELEY, A. D. (1986)
Working Memory, En Oxford University Press, Oxford.
- BADDELEY, A. (2002)
Human Memory. Theory and Practice. Psychology Press Ltd.
- BADDELEY, A.D. & HITCH, G. (1974)
"Working Memory" *Recent Advances in learning and motivation*, En G.A. Bower (Ed.), Vol.8. New York: Academic Press.
- BARKLEY, R.A. (1997)
"Behavioral Inhibition, Sustained Attention, and Executive Functions" En *Psychological Bulletin*, 121, pág. 65 - 94.
- BELLEMBBAUM C & DAUM, I. (2007)
"Cerebellar Involvement in Executive Control" En *Cerebellum*, 6,3, pág. 184 - 92.
- BENKE, T.; DELAZER, M.; BARTHA, L. & AUER, A. (2003)
"Basal Ganglia Lesions and the Theory of Fronto-Subcortical Loops: Neuropsychological Findings in two Patients with Left Caudate Lesions" En *Neurocase*; 9, 1, pág. 70 - 85.
- BERLIN, L. & BOHLIN G. (2002)
"Response Inhibition, Hyperactivity and Conduct Problems among Preschool Children" En *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 31, pág. 242 - 251.
- BERRY, D. C.& BROADVENT, D. C.(1984)
"On the Relationship between Task Performance and Associated Verbalisable Knowledge" *Quarterly Journal of Experimental Psychology*,

BOYER, M.; DESTREBECCQZ, A & CLEEREMANS, A. (1998)

"The Serial Reaction Time Task: Learning without Knowing, or Knowing without Learning?" En *Annual Conference of the Cognitive Science*.

BROCKI K. & BOHLIN, G (2004)

"Executive Functions in Children Aged 6-13: A Dimensional Developmental Study" En *Developmental Neuropsychology*, 26, 2, pág. 571-593.

BUFFERY, A.W.H. (1976)

"Sex Differences in the Neuropsychological Development of Spatial and Linguistic Skills" Knights, R.M.; Bakker, D.J. (Eds). *The Neuropsychology of Learning disorders: Theoretical approaches*. Baltimore: University Park Press

BURSTEIN, B; BANK, L; & JARVIK, L.F. (1980)

"Sex Differences in Cognitive Functioning: Evidence, Determinants, Implications" En *Human Development*, 23, pág 289.

BURTON, L.A.; HENNINGER, D. & HAFETZ, J. (2005)

"Gender Differences in Relations of Mental Rotation, Verbal Fluency, and SAT Scores to Finger Length Ratios as Hormonal Indexes." En *Developmental Neuropsychology*, 28(1), pág. 493 – 505.

CARROLL, M.B., BYRNE, B. & KIRSNER, K. (1985)

"Autobiographical Memory and Perceptual Learning: a Developmental Study using Picture Recognition, Naming Latency and Perceptual Identification" En *Memory and Cognition*, 13, pág. 273-279.

CASEY, J.E., ROURKE, B.P. & PICARD, E.M. (1991)

"Syndrome of Nonverbal Learning Disabilities: Age Differences in Neuropsychological, Academic and Socioemotional Functioning. En *Development and Psychopathology*, 3, 329

CASSEY, B.J., GIEDD, J.N. & THOMAS, K.M. (2000)

"Structural and Functional Brain Development and Its Relation to Cognitive Development" En *Biological Psychology*, 54, pág. 241 - 257.

CHELUNE, G.J. & BAER, R.A. (1986)

"Developmental Norms of the Wisconsin Card Sorting Test" En *Journal*

of *Clinical and Experimental Neuropsychology*, 39, pág. 219 - 228.

COHEN, N.J. & SQUIRE, L.R. (1980)

"Preserved Learning and Retention of Pattern-analyzing Skill in Amnesia: Dissociation of "knowing how" and "knowing that" En *Science*, 210, pág. 207-210.

CORKIN, S. (1968)

"Acquisition of Motor Skill after Bilateral Medial Temporal Lobe – Excision" *Neuropsychologia*, 6, pág. 255-265.

CURREN, T. & KEELE, S.W. (1993)

"Attentional and Nonattentional Forms of Sequence Learning" En *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, pág. 188 - 202.

DE LACOSTE, M.C., HORVATH, D.S. & WOODWARD, D. J. (1991)

"Possible Sex Differences in the Developing Human Fetal Brain. En *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13, pág.831.

DEIBER, M.P.; HONDA, M.; IBAÑEZ, V.; SADATO, N. & HALLET, M. (1999)

"Mesial Motor Areas in Self-initiated versus Externally triggered Movements examined with fMRI: Effect of Movement Type and Rate" En *Journal of Neurophysiology*, 81, pág. 3065-3077.

DENCKLA, M. (1974)

"Development of Motor Coordination in Normal Children". En *Developmental Medicine and Child Neurology*, 16, pág. 729 - 741.

DIENES, Z., BROADBENT, D.E. & BERRY, D C. (1991)

"Implicit and Explicit Knowledge bases in Artificial Grammar Learning" En *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 17, pág. 857 – 887.

DONKELAAR, H.; LAMMENS, M.; WASSERLING, P.;THIJSEN, H. & REINER, W. (2003)

"Development and Developmental Disorders of the Human Cerebellum". En *Journal of neurology*, 250, 9, pág. 1025 - 1036

DOYON J, GAUDREAU, D & LAFORCE, R. (1997)

"Role of the Striatum, Cerebellum, and Frontal Lobes in the Learning of Visuomotor sequence." En *Brain and Cognition*, 34, pág. 218 - 245.

- DOYON, J., LAFORCE, R.; BOUCHARD, G., GAUDREAU, D.; ROY, J.; POIRIER, M.; BÉDARD, P.; BÉDARD, F. & BOUCHARD, J.P. (1998)
 "Role of the Striatum, Cerebellum and Frontal lobes in the Automatization of Repeated Visuomotor Sequence Movements" En *Neuropsychology*, 36, pág. 625 - 641.
- DOYON, J.; OWEN, A.M.; PETRIDES, M.; SZIKLAS, V. & EVANS, A.C. (1996)
 "Functional Anatomy of Visuomotor Skill learning in Human Subjects examined with Positron Emission Tomography" En *European Journal of Neuroscience*. 1996; 8, pág. 637-648.
- DSM IV (*Diagnostic and Statical Manual of Mental Disorders*) (1994)
 Publicado por The American Psychiatric Association, Washington, DC, 4ta. Ed.
- EDELMAND, G. M. (1987)
 "Neural Darwinism" New York: Basic Books.
- ELLIS, H.D.; ELLIS, D. M. & HOSIE J. A. (1993)
 "Priming Effects in Children's Face Recognition" En *British Journal of Psychology*, 84, pág 10-110.
- EXNER, C., KOSCHACK, J. & IRLE, E. (2002)
 "The Differential Role of Premotor Frontal Cortex and Basal Ganglia in Motors Sequence Learning: Evidence from Focal Basal Ganglia Lesions" En *Learning & Memory*, 9, pág. 376-386.
- EXNER, C.; GODEHARD, W. & IRLE, E. (2001)
 "Implicit and Explicit memory after Focal Thalamic Lesions". En *Neurology*, 57, pág. 2054-2063.
- FAUSTO-STERLING, A (1992)
Myths of Gender: Biological Theories about Women and Men, Nueva York: Basic Books, 2da. Ed.
- FEINBARG, T. & FARAH, M. (1997)
Behavioral Neurology and Neuropsychology. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- FLOYER-LEA, A. & MATTHEWS, P.M. (2004)
 "Changing brain Networks for Visuomotor Control with Increased

Movement Automaticity" *Journal of Neurophysiology*, 92, 44, pág. 2405-2412.

FRENSCH, P.A.; LIN, J. & BUCHNER, A. (1998)

"Learning vs. Behavioral Expression of the Learned: the Effects of a Secondary Tone Counting Task on Implicit Learning in the Serial Reaction Time Task" En *Psychological Research*; 61; pág. 83 - 98.

FRINGS, M; BOENISCH, R; GERWING, M; DIENER, H.C. & TIMMANN, D. (2004)

"Learning of Sensory Sequences in Cerebellar Patients" En *Learning and Memory*, 11(3), pág. 347 - 355.

FUSTER, J. (2002)

"Frontal Lobe and Cognitive Development". En *Journal of Neurocytology*, 31, pág. 373 - 385.

GERSCHWIND, N. & GALABURDA, A.M. (1985)

"Cerebral Lateralization: Biological Mechanism, Associations and Pathology, I-III. En *Archives of Neurology*, 42, pág. 428-459, 521—552 y 634-654.

GIBSON, K.R. (1991)

"Myelination and Behavioral Development: A Comparative Perspective on Questions of Neoteny, Altriciality and Intelligence". En *Brain Maturation and Cognitive Development*, Gibson, K.R. & Petersen, A.C.(eds.) pág. 29 - 63. New York: Aldine de Gruyter.

GIEDD, J.N. (2004)

"Structural Magnetic Resonance Imaging of the Adolescent Brain" En *Annual N.Y. Academy of Science*, 1021, pág. 105 -109.

GOMEZ BELDARIAN M.; GAFMAN, J.; RUIZ DE VELASCO, I.; PASCUAL LEONE. A. & GARCIA MONCO, J.C. (2002)

"Prefrontal Lesions Impair the Implicit and Explicit Learning of Sequences on Visuomotor Tasks" En *Experimental Brain Research*, 142., pag. 529 -538.

GOMEZ BELDARRIAN, M. (1999)

"Procedural Learning is Impaired in Patients with Prefrontal Lesions" En *Neurology*, 52, pág. 1853 – 1857.

- GOTTWALD B, WILDE B, MIHAJOLIC, Z & MEHDORN, H.M. (2004)
 "Evidence for Distinct Cognitive Deficits after Focal Cerebellar Lesions".
 En *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*; 75,11, pág.
 1524 - 1531.
- GRAFFAN, D. (1974)
 "Recognition Impaired and Association Intact in the Memory of Monkeys
 after Trasection of the Fornix" En *Journal of Comparative and
 Physiological Psychology*, 86, pág. 1100-1109.
- GREENBAUM, J.L. & GRAF, P. (1989).
 "Preschool Period Development of Implicit and Explicit Remembering"
 En *Bulletin of Psychonomic Society*, 27, pág. 417-420.
- GUR, R. C.; ALSOP, D.; GLAHAN, D.; PETTY, R.; SWANSON, C.L.;
 MALDAJIAN, J.A., TURETSKY, B.; DETRE, J.; GEE, J. & GUR, R. (2000)
 "An fMRI Study of Sex Differences in Regional Activation to a Verbal
 and Spatial Task" En *Brain and Language*; 74, pág. 157-170.
- HAMPSON, E. (1990)
 "Influence of Gonadal Hormones on Cognitive Function in Women". En
Clinical Neuropharmacology, 13 (2), pag. 522-523.
- HARTSHORN, K. (1997)
 "The Development of Infant Memory" En *The Development of Memory
 in Childhood*. Cowen, N. (ed), pág. 21.
- HAZELTINE, E.; GRAFTON, S. & IRVY, R. (1997)
 "Attention and Stimulus Characteristics Determine the Locus of Motor-
 Sequence Encoding. A PET study" En *Brain*, 120, pág. 123-140.
- HEATON, R.; CHELUNE, G.; TALLEY, J.; KAY, G.; CURTISS, G. (1993)
Wisconsin Card Sorting Test Manual. Psychological Assessment
 Resources.
- HEDGES, L.V. & NOWELL, A. (1995)
 "Sex Differences in Mental Test Scores, Variability and Numbers of
 High Scoring Individuals" En *Science*, 269, pag.41-45.
- HIKOSAKA O.; NAKAHARA, H.; RAND, M.K.; SAKAI, K. LU, X.;
 NAKAMUJARA, K.; MIYACHI, S. & DOYA, K. (1999)
 "Parallel Neural Networks for Learning Sequential Procedures". En

Trends in Neurosciences, 22, 467 - 471.

HILL, W.H., BOROVSKY & ROOVE COLLIER, C. (1988)

"Continuities in Infant Memory Development over the First Half Year".

En *Development Psychobiology*, 21, pág 43-62.

HIRSH, R. (1974)

"The Hippocampus and Contextual Retrieval of Information from

Memory. A theory" En *Behavioural Psychology*, 12, pág. 421-444.

HONDA, M.; DEIBER, M.; IBÁÑEZ, V.; PASCUAL LEONE, A.; ZHUANG, P. & HALLETT, M. (1998)

"Dynamic Cortical Involvement in Implicit and Explicit Motor Sequence Learning. A PET study" En *Brain.*; 121, pág. 2159-2173.

HUETTEL, S.A.; MACK, P.B., &Mc. CARTHY, G. (2002)

"Perceiving Patterns in Random Series: Dynamic Processing of Sequence in Prefrontal Cortex" En *Natural Neurology*, 5, pag. 485 - 490.

HUTTENLOCHER, P. & COURTEN, C. (1987)

"The Development of Synapsis in Striate Cortex of Man" En *Human Neuobiology*, 6, pág. 1 - 9.

HUTTENLOCHER, P.R. (1990)

"Morphometric Study of Human Cerebral Cortex Development" En *Neuropsychologia*, 28, pag. 517 - 527.

JOHNSON, M.(2001)

"Functional Brain Development in Humans" En *Nature Reviews Neurosciences*, 2, pág. 475 - 483.

JONES, E.G. & POWELL, T.P.S. (1970)

"An Anatomical Study of Converging Sensory Pathways within the Cerebral Cortex of the Monkey" En *Brain*, 93, pag.793 - 820.

JUEPTNER M.; STEPHAN K.M.; FRITH C.D.; BROOKS, D.J.; FRACKOWIAK, R.S.; PASSINGHAM, R.E. (1997)

"Anatomy of Motor Learning: Frontal Cortex and Attention to Action" En *Journal of Neurophysiology*, 77(3):1313 - 24.

JUEPTNER, M. & WEILLER, M. (1998)

"A Review of Differences between Basal Ganglia and Cerebellar

Control of Movements revealed by Functional Imaging Studies" En *Brain*, 121, pág. 1437 – 1449.

KAIL, R.V. (1990)

The Development of Memory in Children. Freeman, New York, 3ra. ed.

KARMILOFF-SMITH, A (1992)

Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science, Cambridge, MA, The MIT Press.

KARMILOFF-SMITH, A (1994)

"Précis of Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science". *Behavioral and Brain Sciences*, 17, pág. 693 - 745.

KARNI, A.; MEYER, G.; JEZZARD, P.; ADAMS M.N.; TURNER, R. & UNGERLEIDER, L.G. (1995)

"Functional MRI Evidence for Adult Motor Cortex Plasticity during Motor Skill Learning" En *Nature*, 377, pág.155-158.

KAUFMAN, A. S. (1975)

"Factor Analysis of the WISC-R at 11 Age Levels between 6 ½ and 16 ½ Years" En *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43, 115-147.

KAUFMAN, A.S., McLEAN, J.E. & REYNOLDS, C.S. (1988)

"Sex, Residence, Region, and Education Differences on the 11 WAIS-R Subtests" En *Journal of Clinical Psychology*, 44, pág. 231-248.

KAVITHA SRINIVAS & ROEDIGER H. L. III (1990)

"Classifying Implicit Memory Tests: Category Association and Anagram Solution " En *Journal of memory and language*, 29:4, pág. 389 – 412.

KENNEDY KRIEGER INSITITUE QUESTIONNAIRE (1998)

Department of Developmental Pediatrics. Kennedy Krieger Institute.

KIMURA, D. & HARSHMAN, R.A. (1984)

"Sex Differences in Brain Organization for Verbal and Nonverbal Functions" De Vries, G.J. (Eds). En *Progress in Brain Research*, 61, pág. 423.

KIMURA, D. (1992)

"Sex Differences in the Brain" En *Scientific American*, 267, pág. 119-125.

KLINTBERG, B.A., LEVANDER, C.E. & SCHALLING, D. (1987)

"Cognitive Sex Differences: Speed and Problem Solving Strategies on Computerized Neuropsychological Tasks" En *Perceptual Motor Skills*, 3, pág. 683-697

KNOPMAN D & NISSEN MJ. (1991)

"Procedural Learning is Impaired in Huntington's Disease: Evidence from the Serial Reaction Time Task". En *Neuropsychologia*, 29(3), pag. 245 -254.

KOECHLIN E., BASSO, G., PIETRINI, P., PANZER, S. & GRAFMAN, J. (1999)

"The Role of the Anterior Prefrontal Cortex in Human Cognition" En *Nature*, 399, pág. 148 -151.

LAFORCE JR, R. & DOYON, J. (2002)

"Differential Role of the Striatum and Cerebellum in Response to Novel Movements using a Motor Learning Paradigm" En *Neuropsychologia*, 40, pág. 512 - 517.

LEE, Y.S. (1997)

"Learning and Awareness in the Serial Reaction Time Task" En *Proceedings of the nineteenth. Annual Conference of the Cognitive Science Society*; pág. 119 - 124; Hillsdale N.Y: Lawrence Erlbaum Associates.

LEVIN, H.S; CULHANE, K.A. & HARTMAN, J.; y colaboradores (1991)

"Developmental Changes in Performance on Tests of Purported Frontal Lobe Functioning" En *Developmental Neuropsychology*, 1, pág. 349 - 370.

LEZAK, M (1993)

Neuropsychological Assessment, New York, Oxford.

LITTLE, A. H; LIPSITT L.P. & ROVEE-COLLIER (1984)

"Classical Conditioning and Retention of the Infant's Eyelid Response: Effects of Age and Interstimulus Interval" En *Journal of Experimental Psychology*, 37, pág. 512-524.

LITTLE, A.H. (1970)

"Eyelid Conditioning in the Human Infant as a Function of the Interstimulus interval" En *Journal of Experimental Child Psychology*, 8,

pag. 132- 135.

MANES, F. (2000)

"Decision-making Processes following Damage to the Prefrontal Cortex". A dissertation submitted for the degree of Master of Philosophy in Medical Sciences at the University of Cambridge.

MANN, V.A., SASANUMA, S, SAKUMA, N & MASAKI, S. (1990)

"Sex Differences in Cognitive Abilities: a Cross Cultural Perspective" En *Neuropsychologia*, 28, pág. 1063 - 1077.

MARSH, R. ; GERIANNE, M.; PACKARD, M; ZHU, H.; PETERSON, B.

"Perceptual-motor Skill Learning in Gilles de la Tourette Syndrome Evidence for Multiple Procedural Learning and Memory Systems " En *Neuropsychologia*, 43, 10, pág. 1456 – 1465.

MASTERS, M.S. & SANDERS, B (1993)

"Is the Sex Difference in Mental Rotation Disappearing?" In *Behavior Genetics*, 23:4, pág. 337-341.

MATHEWS, R.C., BUSS, R.R., STANLEY, W. B., BLANCHARD-FIELDS, F.,

CHO, J.R. & DRUHAN, B.(1989)

"Role of Implicit Process in Learning from Examples: A synergistic effect". En *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 15, pág. 1083 -1100

MC GLONE, J. (1980)

"Sex Differences in Human Brain Asymmetry: a Critical Survey". En *Behavioral and Brain Sciences* 3 (1980), pag. 215–263

MC.CARTHY, D (1972)

McCarthy scales of children's abilities. The Psychological Corporation. New York: (2^{da} ed).

MCGEORGE, P., & BURTON, M (1989)

"The Effects of Concurrent Verbalization on Performance in a Dynamic Systems Task" En *British Journal of Psychology*, 80, pág. 455 – 465.

MEULEMANS T.; VAN DER LINDEN M. & PERRUCHET, P. (1998)

"Implicit Sequence Learning in Children" En *Journal of Experimental Child Neuropsychology*, 199-221.

MILNER, B.; CORKIN, S. & TEUBER, H.L. (1968)

- "Further Analysis of the Hippocampal Amnesic Syndrome: 14 year follow up Study of H.M." En *Neuropsychologia*, 66, pág. 705-718.
- MITRUSHINA, M.N.; BOORE, K.B. & DELIA, L.F.(1999)
Handbook of Normative Data for Neuropsychological Assessment.
 Oxford University Press, New York, 1999.
- MOIR, A. & JESSELL, D. (1991)
Brain Sex – the Real Difference between Men and Women. Londres:
 Mandarine Paperbacks. Michael Joseph Ltd (Eds).
- MONCHI, O.; PETRIDES, M.; STRAFAELLA A.; WORSLEY, K. & DOYON, J.
 (2006)
 "Functional Role of the Basal Ganglia in the Planning and Execution of
 Actions" En *Annual Neurology*, 59, pág. 257 - 264.
- MURPHY, K; MCKONE, E. & SLEE, J. (2003)
 "Dissociations between Implicit and Explicit Memory in Children: The
 Role of Strategic Processing and the Knowledge Base" En *Journal of
 Experimental Child Psychology*, 84, (2), pag. 124 -165.
- NAITO, M. (1990)
 "Repetition Priming in Children and Adults: Age Related Dissociation
 between Implicit and Explicit Memory" En *Journal of Experimental
 Psychology*, 50, pág. 462-484.
- NEWCOMBE, N & LIE, E.(1995)
 "Infantile amnesia: Through a Darkly Glass" En *Child Development*, 65,
 pág. 31-40.
- NICHOLSON, K. & KIMURA, D. (1996)
 "Sex Differences for Speech and Manual Skill" En *Perceptual and Motor
 Skills*, 82, pág. 3 -13.
- NISSEN, M.J. & BULLEMER, P. (1987)
 "Attentional Requirements of Learning: Evidence from Performance
 measures. *Cogn Psychology*", 19, pág. 1-32.
- NIXON, P. D. & PASSINGHAM, R.E. (2000)
 "The Cerebellum and Cognition: Cerebellar Lesions impair Sequence
 Learning but not Conditional Visuomotor Learning in Monkeys" En
Neuropsychologia, 38, pág. 1054 – 1072.

- OTFRIED, S., RISSER, A.H. & EDGELL, D. (1995)
 "Sex Differences" En *Developmental Neuropsychology*. Oxford University Press
- PAPAZIAN, O; ALFONSO, I; LUZONDO, R.J. (2006)
 "Executive Functions Disorders", En *Revista de Neurologia*, 10, 42, pág. 45 – 50
- PARKIN, A. J. & STREETE, S. (1988)
 "Implicit and Explicit Memory in Young Children and Adults" En *British Journal of Psychology*, 79, pág. 361-369
- PARKIN, A.J. (1993)
 "Implicit Memory across the Lifespan". En *Implicit Memory: New direction in cognition, development and neuropsychology*. Graf & Mason (Eds), Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- PASCUAL LEONE A.; WASSERMAN, E.; GRAFMAN, J. & HALLET, M. (1996)
 "The Role of the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Implicit Procedural Learning" En. *Experimental Brain Research*, 107, pág. 479-485
- PASCUAL-LEONE A, GRAFMAN J., CLARK, K, STEWART M, MASSOQUOI S, LOU J.S. & HALLET M., (1993)
 "Procedural Learning in Parkinson's disease and Cerebellar Degeneration" En *Annual of Neurology*, 34, pág. 594 - 602.
- PASSLER , M.A.; ISAAC, W. & HYND, G. W. (1985)
 "Neuropsychological Development of Behavior attributed to Frontal Lobe functioning in Children" En *Developmental Neuropsychology*, 1, pág. 349 - 370.
- PAULIN, M.G. (1993)
 "The Role of the Cerebellum in Motor Control and Perception" En *Brain Behavioral Evolution*, 41, pág. 39 - 50.
- PERAIZ, E. & CASEY, M.B. (1991)
 "Girls who use Masculine Problem Solving Strategies on a Spatial Task: Proposed Genetic and Environmental Factors. En *Brain and Cognition*, 17, pág.1-22.
- PERSON-BENBOW, C. (1988)

- "Sex Differences in Mathematical Reasoning Ability and Intellectually Talented Preadolescents: Their Nature, Effects, and Possible Causes" En *Behavioral Brain Sciences*, 11, pág. 169-232.
- PETRIDES, M. (1985)
- "Deficits on conditional associative-learning tasks after frontal and temporal lobe lesions in man" En *Neuropsychologia*, 32; 601 - 641
- RABBIT, P. (1997)
- Methodology of Frontal and Executive Function*, Psychology Press.
- RAJARAM, S. & ROEDIGER, H. L. (1993)
- "Direct Comparison of two Implicit Memory Tests" En *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*, Jul, 19, 4, pág. 765 - 776
- RAUCH S.L.; WHALEN, P.J.; CURRA, T.; MCINERNEY, S.; HECKERS. S. & SAVAGE, C.R. (1998)
- "Thalamic Deactivation during Implicit Sequence Learning: a Functional Learning: a Functional MRI Study" En *Neuroreport*, 9, pag. 865 - 870.
- RAUCH, S.; SAVAGE, C.R. & BROWN, H.D. (1995)
- "A PET Investigation of Implicit and Explicit Sequence Learning" En *Human Brain Mapping*, 3, pág. 271 - 286.
- REBER, A. S. (1967)
- "Implicit Learning of Artificial Grammars". En *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, pág. 855 - 863.
- REINSCH, J.M., ROSENBLUM, L.A., RUBIN, D.B. & SCHULSINGER, M.F. (1991A)
- "Sex differences in developmental milestones during the first year of life" En *Journal of Psychology and Human Sexuality*, 4, pág. 19
- REYNOLDS, C & FLECHTER-JANSE (1997)
- Handbook of Clinical Child Neuropsychology*, Springer, 2da ed.
- ROBERTS, R.J. & PENINGTON, B.F. (1996)
- "An interactive framework for examining prefrontal cognitive processes". *Developmental Neuropsychology*, 12, pág. 105 - 126.
- ROBERTSON E.M.; TORMOS, J.M., MAEDA, F. & PASCUAL-LEONE (2001)
- "The Role of the Dorsolateral Cortex during Sequence Learning is

- Specific for Spatial Information" En *Cerebral Cortex*, pág. 628 - 635.
- ROBERTSON, E.M. & PASCUAL-LEONE, A. (2003)
 "Prefrontal Cortex: Procedural Sequence Learning and Awareness" En *Current Biology*, 13 (2), pág. R65 - R67.
- ROEDIGER, H. L.; RAJARAM, S. & SRINIVAS, K. (1990)
 "Specifying criteria for postulating memory systems" En *Annual N. Y. Academy of Sciences*, 608, pág. 572 - 589.
- ROID, G.; MILLER, L. (1997)
Examiners Manual Leiter International Performance Scale Revised.
 Stoetling.
- ROMINE, C. & REYNOLDS, C. (2005)
 "A Model of the Development of Frontal Lobe Functioning: Findings from a Meta - Analysis" En *Applied Neuropsychology*, "12, 4, pág. 190-201.
- ROOVE, C & FAGEN, J. W. (1976)
 "Extended Conditioning and 24 Hours Retention in Infants". En *Journal of Experimental Psychology*, 21, pág. 1-11.
- ROOVE-COLLIER, C & HAYNE, H (1997)
 "The Development of Infant Memory" En *The Development of Memory in Childhood*. Cowen, N. (ed), pág 19.
- ROVEE-COLLIER, C. & HAYNE, H. (1987)
 "Reactivation of Infant Memory" En *Science*, 208, 1159-1161.
- RUSSO, R. & PARKIN, A. J. (1993)
 "Age Differences in Implicit Memory: More Apparent than Real" En *Memory & Cognition*, 21, pág. 73-80.
- SAINT CYR, J.A., TAYLOR, A.E & LANG, A.E. (1988)
 "Procedural Learning and Neostriatal Dysfunction in Man". En *Brain* 1988; 111, pág. 941-59.
- SAKAMOTO, T.; ARISSIAN, K. & ASANUMA, H. (1989)
 "Functional Role of the Sensory Motor Cortex in Learning Motor Skill in Cats" En *Brain Research*, 503, 258 - 264.
- SANDERSON, R.E. (1989)
 "Verbalizable Knowledge and Skill Task Performance: Associations, Dissociations and Mental Models". En *Journal of Experimental*

Psychology: Learning, Memory and Cognition, 15, pág. 729 - 747.

SATTLER, J.M. (1982)

Assessment of Children's Intelligence and Special Abilities, Allyn & Bacon, Boston, (2^{da} ed.)

SCHACTER, D & TULVIN, E.(1994)

Memory Systems, Cambridge, MA, MIT Press.

SCHNEIDER, W. & PRESSLEY, M. (1997)

Memory Development between 2 and 20, Mahwah, NJ: Erlbaum, (2da ed.).

SEIDLER, R.D.; PURUSHOTHAM, A.; KIM, S.G.; UGURBIL, K.;

WILLINGHAM, D. & ASHE, J. (2005).

"Neural Correlates of Encoding and Expression in Implicit Sequence Learning" En *Experimental Brain Research*, 165; pág. 114 - 124.

SEITZ, R.J.; ROLAND, P.E.; BOHM, C.; GREITZ, T. & STONE-ELANDER, S. (1990)

"Motor Learning in Man: A Positron Emission Tomographic Study" En *Neuroreport*, 1, pag.57 - 66.

SHALLICE, T. & BURGESS. P.W. (1991)

"Deficits in Strategy Application following Frontal Lobe Damage" En *Brain*, 114, pág. 727 - 741.

SHANKS, D.R. & ST.JOHN, M.F. (1994)

"Characteristic of Dissociable Human Learning Systems" En *Behavioral and Brain Sciences*, 17, pág. 367 - 447.

SHIBASSAKI H., SADATO, N.; LYWHKOW, H. YONEKURA, Y.; HONDA, M. & NAGAMINE, T.

"Both Primary Motor Cortex and Supplementary Motor Area Play an Important Role in Complex Finger Movement" En *Brain*, 1993; 116, pág. 1387 -1398.

SHIMAMURA, A. P. (1986)

"Priming Effects of Amnesia: Evidence of Dissociable Memory Function" En *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, pág. 169-644.

SILVEMAN, L.K.; PHILIPS, K. & SILVERMAN, L.K. (1996)

"Homogeneity of Effect Sizes for Sex accross Spatial Tests and Cultures:

Implications for Hormonal Theories". En *Brain and Cognition*, 31, pág. 90 - 94.

SNELL (2003)

Neuroanatomía clínica. Editorial Médica Sudamericana. S.A. (5ta ed.)

SNODGRASS, J.G. (1989)

"Sources of Learning in the Picture Fragment Completion Task" .

Lewandowsky, S; Dunn, J. C. & Kisner, K. (Eds) de *Implicit Memory: Theoretical Issues*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

SOWELL, E.; TRAUNER, D.; GAMST, A. & JERNIGAN, T. (2002)

"Development of Cortical and Subcortical Brain Structures in Childhood and Adolescence: a Structural MRI Study" En *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44, pág. 4 - 16.

SPREEN, O, RISSER, A & EDGELL, D. (1995)

Developmental Neuropsychology. Oxford University Press.

SPREEN, O.; STRAUSS, E. (1998)

A compendium of neuropsychological tests. Oxford University Press.

SQUIRE, L. R. & ZOLA-MORGAN (1988)

"Memory. Brain Systems and Behaviors" En *Trends in Neurosciences*, 11, pag. 170 - 175

SQUIRE, L. R. (1987)

Memory and Brain. Oxford: Oxford University Press.

SQUIRE, L.R. (1986)

"Mechanism of Memory" En *Science*, 232, pág. 1612-1619.

SQUIRE, L.R. (1995)

"Declarative and No declarative Memory: Multiple Brain Systems Supporting Learning and Memory" En *Memory Systems*, Daniel Schachter and Endel Tulving (eds). A Bradford Book The MIT Press Cambridge Massachusetts London England.

SRINIVAS K. (1993)

"Perceptual Specificity in Nonverbal Priming" En *Journal of Experimental Psychology. En Learning, Memory, and Cognition*, vol. 19, 3, pág. 582-602.

ST. JAMES - ROBERTS (1979)

- "Neurological Plasticity, Recovery from Brain Insult, and Child Development". En *Advances in Child Development and Behavior*, 14, pag.253-319.
- STANLEY, W.B. ; MATHEWS, R.C.; BUSS, R.R. & KOTLER-COPE, S. (1989)
 "Inside without Awareness: On the Interaction of Verbalization, Instruction and Practice in a Simulated Process Control Task" En *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41, pág. 553 - 577.
- STUSS, D. & ALEXANDER, M (2000)
 "Executive Functions and the Frontal Lobes: a Conceptual View." En *Psychological Research*, 63, pág. 289 – 298.
- TALLAND, G. A. (1965)
Deranged Memory: A psychonomic study of the amnesic syndrome. New York Academic Press.
- THATCHER, R. W. (1991)
 "Maturation of the human frontal lobes. Physiological evidence for staging" En *Developmental Neuropsychology*, 7, pág. 397 - 419.
- THOMAS, K. & NELSON, C. (2002)
 "Serial Reaction Time Learning in Preschool and School-age Children" En *Journal of Experimental Child Psychology*, pág. 364-387.
- THOMAS, M.T.; HUNT, R. & VIZUETA, N. (2004)
 "Evidence of Developmental Differences in Implicit Sequence Learning: an fMRI Study of Children and Adults". En *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16:8, pág. 1339 – 1351.
- TULVING, E. & SCHACTER, D. (1990)
 "Priming and Human Memory Systems" En *Science*, 247, pág. 301-306.
- VAKIL, E.; KAHAN, S.; HUBERMAN, M. & OSIMANI, A. (2000)
 "Motor and Non-motor Sequence Learning in Patients with Basal Ganglia Lesions: the Case of Serial Reaction Time Test Task (SRTT)". *Neuropsychologia*, 38, pág. 1-10.
- VAN GOOZEN, S.H.M., COHEN-KETTANIES, P.T., GOOREN L.J., FRIDJA, N.H. & VAN DE POLL, N.E. (1994)
 "Activating Effects of Androgens on Cognitive Performance: Causal Evidence in Group of Female-to-Male Transsexuals" En

Neuropsychologia, 32, pág. 1153-1157.

WABER, D. P.(1977)

"Sex Differences in Mental Abilities, Hemispheric Lateralization and Rate of Physical Growth at Adolescence" En *Developmental Psychology*, 13(1) pág.29.

WABER, D.P. (1976)

"Sex Differences in Cognition: A Function of Maturation Rate?" En *Science*, 192, 572-573.

WARRINGTON, E. K. & WEISKRANTS, L. (1968)

"New Method of Testing Long Term Retention with Special Reference to Amnesic Patients" En *Nature*, 217, pág. 972-974.

WEBB, S.; MONK, C & NELSO, C. (2001)

"Mechanism of Postnatal Neurobiological Development: Implications for human development". En *Developmental Neuropsychology*, 19, pág.147 -171.

WEISKRANTZ, L. & WARRINGTON, E.K. (1979)

"Conditioning in Amnesic Patients". *Neuropsychologia*, 8, pág. 281-288

WEISKRANTZ, L. & WARRINGTON, E. K. (1979)

"Conditioning in Amnesic Patients" En *Neuropsychologia*, 8, pág. 281 - 288.

WELSH, M.C; PENNINGTON, B.P. & GROISSER, D.B. (1991)

"A Normative-developmental Study of Executive Functions: a Window on Prefrontal Function in Children". En *Developmental Neuropsychology*, 7, pág. 131-149.

WERSCH, H. & BRIERE, J (1981)

"WISC R Subtest Variability in Normal Canadian Children and its Relationship to Sex, Age and IQ" En *Canadian Journal of Behavioral Science*, 13, pág. 76

WESCHLER, D. (1989)

Test de inteligencia para niños. Ed. Piados.

WILLINGHAM D.B. (1998)

"A Neuropsychological Theory of Motor Skill Learning" En *Psychological Review*, 105, pag. 558 - 584.

WILLINGHAM, D.; NISSEN, M. & BULLEMER, P. (1989)

"On the Development of Procedural Knowledge" *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, pág. 1047-1060.

WILLINGHAM, D.B.; SALIDIS J. & GABRIELLI, J.D.E. (2002)

"Direct Comparison of Neural Systems Mediating Conscious, and Unconscious skill learning" En *Journal of Neuropsychology*, 88, pág. 1451-1460.

WILLINGHAM & GOEDERT – ESCHMANN (1999)

"The Relation between Implicit and Explicit Learning: Evidence for Parallel Development" En *Psychological Science*, 10, pag. 531 – 534.

WINOGRAD, T. (1975)

"Frame Representations and the Declarative and Procedural Controversy" *Representation and Understanding: Studies in cognitive science*, D. Bobrow & A. Collins (Eds.), (pág. 185 – 210). New York. Academic Press

WIRSEN MEURLING A.; TONNING OLSON, I. & LENVANDER, S. (2000)

"Sex Differences in Strategy and Performance on Computerized Neuropsychological Tests as Related to Gender Identity and Age at Puberty" En *Scandinavian Journal of Psychology*, 41, 81 - 90

WITELSON, S.F. (1976)

"Sex and the single hemisphere: Specialization of the right hemisphere for spatial processing". En *Science*, 19, pág. 425-427.

YAKOVLEV, P.I. & LECOURS, A.R. (1967)

"The myelogenetic circles of regional maturation of the brain" En *Regional Development of the Brain in Early Life*. Minkowski A editor; pág. 3 – 70.